

अंगरेजी स्कूलों के लिये
भौतिक और रसायन

रचयिता

ई जी हिल, बी ए, डी एस्-सो

प्रिन्सिपल, ग्रीर सेंट्रल कॉलेज, इलाहाबाद

तथा

ए एच् मेकेन्ज़ी, एम ए, बी एस् सी, ए आर सो एस् सी

चोफ़ इन्स्पेक्टर, बरनाकुलर एडुकेशन, मयूत प्रदश, भूतपूर्व

प्रिन्सिपल, ट्रेनिंग कॉलेज, इलाहाबाद

मैकमिलन एण्ड कम्पनी लिमिटेड
कलकत्ता, बम्बई, मद्रास, लण्डन

१९२२

विषय-सूची ।

तीसरा भाग ।

पहिला अध्याय—ताप ।

प्रयोग सख्या	विषय	पृष्ठ सख्या
	ताप और तापक्रम में अन्तर	१
	ताप यद्ध्य शक्ति	२
१	यह प्रालम्भ करना कि भिन्न भिन्न प्रकार के द्रव पदार्थों की समान मात्राओं के तापक्रम की तुल्य परिमाण बदलने के लिये तुल्य परिमाण ताप की आवश्यकता होती है या नहीं	२
२	समान मात्रा की भिन्न भिन्न वस्तुओं की ताप यद्ध्य शक्ति की तुलना करना	३
	ताप मात्रा की इकाई	५
	अभ्यास—१	७
	आपेक्षिक ताप	८
	अभ्यास—२	१०
	किसी ठोस पदार्थ का आपेक्षिक ताप निकालना	१२
३	जल का आपेक्षिक ताप निकालना	१२
	Calorimeter का समशक्तिक पानी	१५
४	Calorimeter का समशक्तिक पानी निकालना	१६
	Calorimeter की ली ग्लैस गम्मी का विचार करके ठोस वस्तु का आपेक्षिक ताप शुद्धता के साथ निकालना	१७
	द्विसाप लगा कर समशक्तिक पानी निकालना	१८
	अभ्यास—३	२१
	बरफ़ की द्रवोन्मूलन का प्रत्यक्ष ताप	२४
५	यह दिखाना कि पिघलती हुई बरफ़ अपना तापक्रम न बढ़ा कर ताप यद्ध्य कर सकती है	२६

प्रयोग संख्या	विषय	पृष्ठ संख्या
६	बरफ के द्रवों भवन का प्रच्छन्न ताप निकालना	२६
	अभ्यास—४	२८
	वाष्पी-भवन का प्रच्छन्न ताप	२९
७	यह दिखाना कि जब कोई द्रव पदार्थ भाप बन कर उठ जाता है तब वह ताप ग्रहण करता है	३२
८	भाप का प्रच्छन्न ताप निकालना	३१
	अभ्यास—५	३४

दूसरा अध्याय—साधारण यन्त्रों का तैयार करना ।

काग का नरम करना	३६
काग का काटना	३६
काग में छेद करना	३७
काच की गली का काटना	३८
काच की गली के किनारों की गोल करना	४०
काच की गली की मुकाना	४१
टीटो बनाना	४२
काच की गली के सिरे का बन्द करना	४५
किसी गली के सिरे पर एक छोटी छुड़ी बनाना	४५

तीसरा अध्याय—पानी—इसके साथ घुले हुए पदार्थों का इसके कथनांक पर प्रभाव ।

२	यह दिखाना कि गल का पानी शुद्ध नहीं है	४६
	परिस्ववण	४८
१०	परिस्ववण के द्वारा शुद्ध पानी निकालना	४७
११	परिष्कृत पानी का कथनांक निकालना	४८
१२	यह दिखाना कि कथनांक घुले हुए पदार्थ की मात्रा के अनुपात से बढ़ता है	४०
१३	यह साधुन करना कि कुछ द्रव पदार्थों में से कौन शुद्ध और कौन घोल है	५२

चौथा अध्याय—मौलिक पदार्थ और यौगिक पदार्थ ।

- १४ तांबा और गन्धक का एक यौगिक पदार्थ बनाना और उस से तांबे को फिर निकाल लेना ५९
- मौलिक पदार्थ ५४
- १५ यह सिद्ध करना कि तांबा और गन्धक के संयोग से जो तांबे का Sulphide बनता है वह लिये हुये तांबे से भारी होता है ५५
- १६ तांबे के बदले लोहे का धूर लेकर पन्द्रहवां प्रयोग की दोहरना ५७
- १७ कुछ विशेष यौगिक पदार्थों को परीक्षा करना और प्रत्येक में से एक एक मौलिक पदार्थ निकालना ५८
- धातु और अधातु ५९

पांचवा अध्याय—वायु मण्डल, प्रज्वलन और मोरचा लगना ।

- १८ यह निर्णय करना कि जब कीड़े पदार्थ किसी बन्द बरतन में जलता है तो क्या होता है ६२
- १९ यह निश्चय करता कि हवा पर जलती हुई मोमबत्ती का जो प्रभाव पड़ता है, उस पर जलती हुई गन्धक और Phosphorus का भी ठीक वही प्रभाव पड़ता है या नहीं ६३
- २० यह निश्चय करना कि जब हवा में Phosphorus जलता है तो वह हवा इस Phosphorus के जलने में काम आती है या और किसी प्रकार से गट हो जाती है ६४
- २१ यह मालूम करना कि जब हवा में Phosphorus जलता है तो हवा का कितना भाग खर्च हो जाता है ६६
- पदार्थों के जलने से सनकी मात्रा में परिवर्तन ६७
- २२ यह दिखाना कि Magnesium हवा में जलने से तौल में बढ़ जाती है ६८
- २३ यह दिखाना कि हवा में मोमबत्ती जलने से तौल में बढ़ जाती है ७०

प्रयोग संख्या	विषय	पृष्ठ संख्या
	मीरचा लगाना	७३
२४	यह दिखाना कि सूखी हवा में लोहे पर मीरचा नहीं लगता है	७३
२५	यह दिखाना कि लोहे के चूर में बिना हवा के मीरचा नहीं लग सकता	७४
२६	यह नियम करना कि वस्तुओं पर मीरचा लगने के समय हवा चर्च होती है या नहीं	७५
२७	यह मातृम करना कि हवा में लोहे पर मीरचा लगने से उस लोहे की तौल बढ़ जाती है या नहीं	७६
	मीरचा लगने और प्रचलन में सादृश्य	७७
	क्रियाशील और निष्क्रिय वायु	७८

छठा अध्याय—Oxygen और Nitrogen

२८	पारे के लाल Oxide से Oxygen बनाना	७९
२९	Potassium Chlorate से Oxygen बनाना	८०
३०	यह दिखाना कि जब Potassium Chlorate से Oxygen निकलती है तो वह तौल में कम हो जाता है	८१
३१	अधिक परिमाण में Oxygen बनाना	८२
	Oxygen gas के गुण	८५
	Oxide , अम्ल और क्षार , भय और लक्षण	८८
	Nitrogen ..	८९
३२	हवा में Nitrogen का परिमाण शुद्धता के साथ ठीक ठीक निकालना	९०

सातवा अध्याय—पानी ।

३३	पानी पर Sodium की क्रिया	९३
३४	Magnesium पर पानी की भाप की क्रिया	९५
३५	लोहे के चूर पर पानी की भाप की क्रिया	९७
	इन प्रयोगों से निकले हुए सिद्धान्त ..	९९

आठवां अध्याय—Hydrogen

१६	Hydrogen बनाना और उसके गुणों को परीक्षा करना	१०१
१७	यह निर्णय करना कि जब Hydrogen हवा में जलती है तो क्या पदार्थ बन जाता है	१०५
१८	पानी को विद्युत् की सहायता से विभेद्य करना	१०८
१९	यह दिखाना कि जब गर्म किये हुए ताम्र के Oxide के ऊपर से Hydrogen चलाई जाती है तो पानी बन जाता है	११२
	इन प्रयोगों से सिद्धान्त	११४

नवा अध्याय—Carbon

४०	Carbon के भिन्न भिन्न रूपों के गुणों को परीक्षा करना	११५
४१	Carbon के जलने से जो gas बनती है उसकी परीक्षा करना	११६
४२	Carbon dioxide gas बनाना और उसके गुणों को परीक्षा करना	११७
४३	यह दिखाना कि सब Carbonates में Carbon dioxide विद्यमान है	११८
४४	Soda water को परीक्षा करना	११८
४५	खड़िया मिट्टी पर ताप की क्रिया की परीक्षा करना	१२०
४६	खड़िया मिट्टी पर ताप की क्रिया की और परीक्षा करना	१२२
	इन प्रयोगों से सिद्धान्त	१२२
४७	कढ़ड़ पर Hydrochloric acid की क्रिया की परीक्षा करना	१२३
४८	Sodium Carbonate पर Hydrochloric acid की क्रिया से जो पदार्थ बनते हैं उनको परीक्षा करना	१२३
४९	यह दिखाना कि जब प्राणों सांस लेते हैं तो Carbon dioxide बनती है	१२४
५०	यह दिखाना कि पौध Carbon dioxide को ल लेते हैं और Oxygen को छोड़ देते हैं	१२५

चौथा भाग ।

दमवा अध्याय—प्रकाश ।

परिभाषा .	१२०
प्रकाश सरल रेखाओं में चलता है	१२०
प्रकाश का परावर्तन	१२८
परावर्तन के नियम	१२९
५१ परावर्तन के नियमों का प्रदिपादन	१११
प्रतिबिम्ब	१२२
५२ किसी सीमवर्ती का दृष्टार्थ प्रतिबिम्ब उत्पन्न करना	१२४
५३ समतल दर्पण से प्राप्त प्रतिबिम्ब की स्थिति प्रयोग के द्वारा निर्णय करना	१२५
५४ समतल दर्पण से बने हुए प्रतिबिम्ब की स्थिति ज्योमेट्री के द्वारा निर्णय करना	१२७
वर्तलाकार नतीदर दर्पण से परावर्तन	१२८
५५ यह दिखाना कि किसी नतीदर दर्पण में जो समानान्तर किरणें पड़ती हैं वह एक बिन्दु पर मिल जाती हैं	१४२
५६ नतीदर दर्पण का Radius of curvature निकालना	१४२
५७ नतीदर दर्पण से जो प्रतिबिम्ब मिलता है उसका स्थान उद्भव के द्वारा निरूपण करना	१४४
५८ नतीदर दर्पण से जो प्रतिबिम्ब बनते हैं उनकी स्थान और दृश प्रयोग के द्वारा निर्णय करना	१४७
वस्तु और उसके प्रतिबिम्ब के स्थान निरूपण करने का नियम अभ्यास—६	१४८
प्रकाश का वर्तन	१४२
५९ कांच का Refractive index निकालना	१४४
६० समानान्तर धरातलों में वर्तन	१४६
वर्तन के कुछ फल	१४७
अभ्यास—७	१४८

प्रयोग सख्या विषय	पृष्ठ संख्या
Prism के भीतर से वर्णन	१६०
Spectrum	१६०
६१ कांच के Prism के भीतर से होकर निकलते हुए प्रकाश की किसी किरण का रसा मापन करना	१६१
चन्द्रतोदर ताल	१६२
६२ यह दिखाना कि जो समानांतर किरण चन्द्रतोदर ताल पर पड़ती हैं वह एक बिन्दु पर मिलती हैं	१६२
६३ किसी चन्द्रतोदर ताल से प्राप्त प्रतिबिम्ब का व्यास ड्राइंग के द्वारा निर्णय करना	१६४
६४ किसी चन्द्रतोदर ताल से प्राप्त प्रतिबिम्ब का व्यास प्रयोग के द्वारा निकालना	१६६
अभ्यास—८	१६७

ग्यारहवा अध्याय—चुम्बकत्व ।

चुम्बकत्व	१७०
६५ चुम्बक की आकर्षण शक्ति की परीक्षा करना	१७१
६६ यह निर्णय करना कि हवा के अतिरिक्त अन्य पदार्थों में से भी चुम्बकीय आकर्षण हो सकता है या नहीं	१७१
६७ यह निर्णय करना कि चुम्बक तांगे से छटकाये जाने पर क्या करता है	१७२
६८ चुम्बकीय आकर्षण और विकर्षण	१७३
चुम्बकीय सूइ	१७४
६९ चुम्बक बनाना	१७५
७० चुम्बक की शक्ति का नष्ट करना	१७७
पृथिवी एक चुम्बक के सदृश है	१७८
दिग्दर्शन यन्त्र या Compass	१७९
७१ Compass की दिशाये निकालना	१८०
७२ एक उत्तर-दक्षिण (N — S) रेखा खींचना	१८१
७३ खेल के मैदान में एक उत्तर-दक्षिण (N — S) रेखा खींचना	१८२

बारहवां अध्याय—घर्षण विद्युत् ।

७४	फलालीन पर एक साइबली के रगड़ने का फल	१८३
७५	किसी विद्युन्मय ङण्डों की विद्युत्हीन करना	१८३
७६	परस्पर आकर्षण	१८५
७७	दो प्रकार की विद्युत् विद्युद्दर्शक या Electroscope	१८६
७८	Electroscope की Conduction के द्वारा विद्युन्मय करना	१८७
७९	किसी ङण्डों में किस प्रकार की विद्युत् है Electroscope के द्वारा मापन करना	१८९
८०	Electroscope की Induction के द्वारा विद्युन्मय करना	१८९
८१	संचलन शक्ति की परीक्षा करना	१८९

तेरहवां अध्याय—चल विद्युत् ।

८२	यह देखना कि किन किन दशाओं में जल पर गन्धकाष्ठ की क्रिया हो सकती है	१८५
८३	यह देखना कि जब तांबा और जस्ता दोनों Acid में रखे हुए हों तो तांबे की जल से एक तार के द्वारा मिला दिने से क्या क्या बातें होती हैं	१८८
८४	यह दिखाना कि विद्युत् प्रवाह सदा एक निश्चित दिशा में बहता है	२००
८५	विद्युत् प्रवाह के चुम्बकीय प्रभाव की बढ़ाना वैद्युतिक "तार"	२०१
	अभ्यासों की उत्तर माला	२०५



तीसरा भाग

पहिला अध्याय

ताप

ताप (Heat) और तापक्रम (Temperature) में अन्तर। यदि एक गरम वस्तु को किसी एक ठंडी वस्तु से मिला कर रख दी जावे तो गरम वस्तु से ठंडी वस्तु में ताप (heat) का एक प्रकार बहाव होता रहेगा जब तक कि दोनों की उष्णता एक न हो जावे, अर्थात् दोनों एकही तापक्रम (temperature) में न आ जावें। यह विषय जल के बहाव के उदाहरण से अच्छी तरह समझ में आ सकता है। अगर पानी से भरे हुए दो बरतन, जिन में से एक दूसरे से कुछ ऊपर है, एक नली से मिला दिये जावें तो ऊपर के बरतन में से पानी बराबर नीचे के बरतन में बहता चला आवेगा जब तक कि दोनों बरतनों का पानी एकही उचाई में न आ जावे। ताप के बहाव में ताप गरम वस्तु से ठंडी वस्तु में बहता रहता है जब तक कि दोनों वस्तु एकही तापक्रम में नहीं आजाती हैं, और जल के बहाव में जल तभी तक बहता है जब तक कि दोनों बरतनों के पानी एकही उचाई में नहीं आ जाते हैं। Thermometer

हम किसी वस्तु का तापक्रम मालूम कर सकते हैं परन्तु इससे हम यह नहीं मालूम कर सकते हैं कि उस वस्तु में ताप की मात्रा क्या है। जैसे, यद्यपि एक छोटे beaker में भरा हुआ पानी और एक बड़े beaker में भरा हुआ पानी दोनों एकही तापक्रम के हो सकते हैं तथापि यह स्पष्ट है कि बड़े beaker के पानी में छोटे beaker के पानी की अपेक्षा अधिक गरमी विद्यमान है और एकही तापक्रम तक ठंडा होने में बड़े beaker का पानी छोटे beaker के पानी की अपेक्षा अधिक गरमी देगा।

तापग्रहण-शक्ति

प्रयोग १—यह मालूम करना कि भिन्न भिन्न प्रकार के द्रव पदार्थों की समान मात्राओं के तापक्रम को तुल्य परिमाण बढ़ाने के लिये तुल्य परिमाण ताप की आवश्यकता होती है या नहीं।

एक beaker को तोलो। इस में लगभग 100 gm पानी तोल कर डालो। Beaker को लोहे की एक तिपाई (tripod stand) पर तार की जाली (wire gauze) के ऊपर रख कर गरम करो। पानी को 30°C से 60°C तक गरम करने के लिये जो समय लगता है उसे मालूम करो। पानी के बदले ग्लिसरीन लेकर इसी

प्रयोग को दोहराओ। दोनों प्रयोगों में गरम करने के लिये एकही शिखा से अवश्य काम लेना चाहिये। नतीजों को इस तरह लिखो —

द्रव पदार्थ	30°C से 60°C तक चढ़ने का समय
पानी ग्लिसरीन	

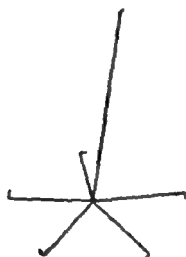
इस प्रयोग से तुम देखते हो कि 100 gm पानी का तापक्रम 1°C बढ़ाने के लिये जितनी गरमी की आवश्यकता होती है उसकी अपेक्षा 100 gm ग्लिसरीन का तापक्रम 1°C बढ़ाने में कम गरमी की आवश्यकता होती है, अर्थात् ग्लिसरीन की तापग्रहण-शक्ति (capacity for heat) पानी की तापग्रहण-शक्ति से कम है।

ठोस पदार्थों से प्रयोग करने पर तुम देखोगी कि इसी तरह यह भी तापग्रहण-शक्ति के विचार से एक दूसरे से भिन्न होते हैं।

प्रयोग २—समान मात्रा की भिन्न भिन्न वस्तुओं की तापग्रहण-शक्ति की तुलना करना।

एक छिछली थाली में इतना मोम गलाओ कि उससे 1 cm मोटी मोम की एक चक्ति बन जाये। इसे ठंडा करो और सावधानता के साथ थाली से निकाल लो। अब इस चक्ति को retort stand के छल्ले (ring) पर रखो।

लोहा, सीसा, टिन, ताँबा आदि की समान मात्रा को (हुक लगी हुई) छोटी छोटी गोलियाँ लो और उन्हे कुछ देर तक खोलते हुए पानी में तार की बनी हुई एक अवलम्ब के सहारे से लटका दो जैसा कि चित्र १ में दिखाया गया है। फिर उन्हें निकाल लो और तार को थोड़ा घुमाकर सब गोलियों को एकही समय में मोम की चप्पि पर



चित्र १

छोड़ दो। पानी से जो धातु सब से अधिक गरमी लौ है वही धातु ठण्डे होने में मोम की सब से अधिक गरमी देगी और इसी निये सब से पहिले मोम को पिघला कर चप्पि के भीतर से निकल आवेगा।

तुम देखोगे कि धातु को इन गोलियों में से लोहे की गोली सब से पहिले निकल आती है और इसके पीछे ताँबे की गोली और सब के अन्त में सीसे की गोली।

इस प्रयोग से हम यह नतीजा निकालते हैं कि यद्यपि सब गोलिया प्रारम्भ में एकही तापक्रम की थीं तथापि लोहे की गोली में सब से अधिक ताप था और सीसे को गोली में सब से कम ।

तापमात्रा की इकाई—हमने यह देखा है कि भिन्न भिन्न वस्तुओं में भिन्न भिन्न मात्रा की गरमी हो सकती है । जैसे लम्बाई नापने के लिये हमें एक लम्बाई की इकाई (centimetre) की आवश्यकता पड़ती है वैसेही ताप नापने के लिये भी हमें एक तापमात्रा की इकाई (heat unit) की आवश्यकता पड़ेगी ।

1 gm पानी के तापक्रम को 1°C बढ़ाने के लिये जितना ताप की आवश्यकता होती है उस ताप की मात्रा को तापमात्रा की इकाई कहते हैं । यह इकाई *calorie* कहलाती है । यह उतनीही गरमी के बराबर होती है जितनी कि 1 gm पानी 1°C ठंडा होने में देता है ।

2 gm पानी को 1°C गरम करने के लिये 2 calories की आवश्यकता है , 3 gm पानी को 1°C गरम करने के लिये 3 calories की आवश्यकता है और इसी प्रकार आगे भी । 1 gm पानी को 2°C गरम करने के लिये 2 calories चाहिये , 1 gm पानी को 3°C गरम करने के

लिये 3 calories चाहिये और इसी प्रकार आगे भी । अब मान लो कि हमें 3 gm पानी को 5°C गरम करना है, तो इस लिये हमें 1 gm पानी को 5°C गरम करने में जितनी गरमी की आवश्यकता पड़ती है उससे 3 गुनी गरमी की आवश्यकता पड़ेगी, अर्थात् इसके लिये 3×5 calories चाहिये । 40 gm पानी को 10°C से 30°C तक (अर्थात् 20°C) गरम करने के लिये हमको 40×20 calories चाहिये । साधारणतः यदि M gm पानी के तापक्रम को $T^{\circ}\text{C}$ बढ़ाने के लिये H तापमात्रा की आवश्यकता हो तो,

$$H = M \times T \text{ calories}$$

और जब M gm पानी का तापक्रम $T^{\circ}\text{C}$ घट जाता है तब उससे जो गरमी निकलती है वह भी $M \times T$ calories होती है ।

उदाहरण—2 kilograms पानी को 3°C से 45°C तक गरम करने के लिये कितनी गरमी चाहिये ?

$$H = M \times T \text{ calories,}$$

जहाँ H इष्ट ताप मात्रा है,

और M पानी की मात्रा gm में है

और T तापक्रम की वृद्धि है ।

$$H = 2000 \times (45 - 3) \text{ calories}$$

$$= 2000 \times 42 \text{ calories}$$

$$= 84,000 \text{ calories}$$

अभ्यास १

(१) 25 gm पानी का तापक्रम 67°C बढ़ाने के लिये कितनी गरमी को आवश्यकता होगी ?

(२) कितना पानी 98°C से 25°C तक ठंडा होने में 1095 calories देगा ?

(३) एक बरतन में 10°C तापक्रम का 300 gm पानी है। इस पानी में उबाल आने के ठीक पहिले तक कितनी गरमी देने चाहिये ?

(४) यह देखा गया कि 45°C तापक्रम के कुछ ठंडे पानी को 80°C तापक्रम के 300 gm गरम पानी के साथ मिला देने से अन्तिम तापक्रम 60°C होगया। तो बताओ कि उस गरम पानी के साथ कितने gm ठंडा पानी मिलाया गया था।

(५) 75°C तापक्रम के 200 gm पानी 40°C तापक्रम के 500 gm पानी के साथ मिलाये जाने पर मिश्रण का अन्तिम तापक्रम क्या होगा ?

(६) 20°C तापक्रम के 20 gm पानी 80°C तापक्रम के 40 gm पानी के साथ मिलाये जाने पर मिश्रण का अन्तिम तापक्रम क्या होगा ?

(७) कितना पानी 60°C से 10°C तक ठंडा होने में 100 gm पानी के तापक्रम को 20°C से कथनाक तक बढ़ा सकता है ?

(८) यह देखा गया कि 50 gm बर्फ के सट्टे ठंडे पानी के साथ कुछ उबलता हुआ पानी मिला देने से अन्तिम तापक्रम 50°C हो गया। बर्फ के सट्टे ठंडे पानी में जितना उबलता हुआ पानी मिलाया गया उसकी मात्रा grams में निकालो।

(९) 30 gm वजन के एक तांबे के टुकड़े को 90°C तक गरम किया गया और उसे एक बरतन में डाल दिया गया जिसमें 25°C तापक्रम के 150 gm पानी रखा हुआ है, यदि 1 gm पानी 1°C उतरने के लिये जितनी गरमी देता है, 1 gm तांबा उसका केवल दसवा हिस्सा देता हो तो बताओ इस मिश्रण का अन्तिम तापक्रम क्या होगा।

आपेक्षिक ताप

प्रयोग १ से तुमको यह मालूम हो गया है कि जितनी गरमी 100 gm ग्लिसरीन के तापक्रम को 1°C बढ़ाती है वह उस गरमी से कम होती है जो 100 gm पानी के तापक्रम को 1°C बढ़ाती है। और तुमने प्रयोग २ में यह भी देखा है कि तांबा, सीसा और लोहा आदि भिन्न भिन्न पदार्थों की समान मात्राओं की तापग्रहण शक्ति भिन्न होती है। इस लिये तापग्रहण शक्ति के विचार से सब पदार्थ एक दूसरे से भिन्न होते हैं। भिन्न भिन्न पदार्थों की समान मात्राओं के तापक्रमों को बराबर बराबर बढ़ाने के

लिये भिन्न भिन्न तापमात्रा की आवश्यकता होती है। इसी को हम इस तरह भी कह सकते हैं कि प्रत्येक पदार्थ का एक विशेष आपेक्षिक ताप (*specific heat*) होता है। इस पद की और अधिक शुद्ध परिभाषा निम्नलिखित रूप से वर्णन की जाती है, किसी पदार्थ के 1 gm के तापक्रम को 1°C बढ़ानेवाली तापमात्रा का, 1 gm पानी के तापक्रम को 1°C बढ़ानेवाली तापमात्रा से जो अनुपात है उसे उस पदार्थ का आपेक्षिक ताप कहते हैं।

चूँकि 1 gm पानी के तापक्रम को 1°C बढ़ाने के लिये 1 calorie तापमात्रा की आवश्यकता होती है इस लिये हम इस परिभाषा को निम्नलिखित रीति से भी प्रकट कर सकते हैं —

किसी पदार्थ के 1 gm के तापक्रम को 1°C बढ़ाने के लिये जितनी calories लगती हैं उनकी संख्या को उस पदार्थ का आपेक्षिक ताप कहते हैं।

इस लिये जब हम कहते हैं कि तांबे का आपेक्षिक ताप 0.095 है तो हमारा यह अभिप्राय होता है कि 1 gm पानी को 1°C गरम करने के लिये जितनी गरमी लगती है उसका केवल 0.095 भाग 1 gm तांबे को 1°C गरम करने के लिये चाहिये, अथवा यह कि 1 gm तांबे के तापक्रम को 1°C बढ़ाने के लिये 0.095 calorie की आवश्यकता है।

हमने यह देखा था कि M gm पानी के तापक्रम को $T^{\circ} C$ बढ़ाने के लिये $M \times T$ calories की आवश्यकता होती है। इस लिये M gm तांबे के तापक्रम को $T^{\circ} C$ बढ़ाने के लिये $0.095 \times M \times T$ calories की आवश्यकता है। साधारणतः हम यह कह सकते हैं कि यदि S आपेक्षिक ताप के किसी पदार्थ के M gm के तापक्रम को $T^{\circ} C$ बढ़ाने के लिये H तापमात्रा की आवश्यकता हो तो -

$$H = M \times T \times S \text{ calories}$$

उदाहरण—95 gm एलुमिनियम धातु के तापक्रम को $82^{\circ} C$ बढ़ाने के लिये कितनी गरमी की आवश्यकता होगी ? एलुमिनियम धातु का आपेक्षिक ताप 0.212 है।

$$H = M \times T \times S \text{ calories,}$$

जहाँ H इष्ट तापमात्रा है,

M एलुमिनियम की मात्रा है,

T इसके तापक्रम की वृद्धि है,

S इसका आपेक्षिक ताप है।

$$H = 95 \times 82 \times 0.212 \text{ calories}$$

$$= 1651.5 \text{ calories}$$

अभ्यास २

(१) 1 kilogram पारे के तापक्रम को $30^{\circ} C$ से $150^{\circ} C$ तक गरम करने के लिये कितनी गरमी की आवश्यकता होगी ? पारे का आपेक्षिक ताप = 0.033

(२) 200 gm पानी के तापक्रम को 40°C बढ़ाने के लिये जितनी गरमी लगती है उसको, उस ताप से तुलना करो, जो 2 kilogram पानी के तापक्रम को 120°C बढ़ाने के लिये लगती है।

(३) 120°C से 40°C तक ठंडा होने में 120 gm तांबे से कितनी गरमी निकलती है? तांबे का आपेक्षिक ताप = 0.095

(४) 100 gm सीसा 60°C ठंडा होने में 186 calories देता है। सीसे का आपेक्षिक ताप क्या है?

(५) 10 cc पारे के तापक्रम को 40°C बढ़ाने के लिये कितनी गरमी की आवश्यकता है?

पारे का घनत्व = 13.6 gm per cc

पारे का आपेक्षिक ताप = 0.033

(६) 2 cm अर्द्धव्यास के एक लोहे के गोले में कितनी गरमी पहुँचनी चाहिये कि उसका तापक्रम 19°C से 100°C तक चढ़ जावे?

लोहे का घनत्व = 7.7 gm per cc

आपेक्षिक ताप = 0.112

(७) 98°C से 0°C तक ठंडा होने में 100 gm तांबे से कितनी गरमी निकलेगी? (आपेक्षिक ताप = 0.095)

(८) कितने gm पानी 90°C से 30°C तक ठंडा होने में उतनी ही गरमी देगा जितनी गरमी 150 gm

पानी का दूसरा तापक्रम	$= 33.8^{\circ} \text{C}$
” पहिला ”	$= 31.0^{\circ} \text{C}$
पानी के तापक्रम की हर्द	$= 2.8^{\circ} \text{C}$
Calorimeter + जस्ता + पानी की मात्रा	$= 86.14 \text{ gm}$
” + पानी की मात्रा	$= 66.97 \text{ gm}$
जस्ते की मात्रा	$= 19.17 \text{ gm}$
पानी में डालने के पहिले जस्ते का तापक्रम	$= 98.8^{\circ} \text{C}$
गरम पानी का तापक्रम	$= 33.8^{\circ} \text{C}$
जस्ते के तापक्रम का पतन	$= 65.0^{\circ} \text{C}$

जस्ते की दी हुई गरमी पानी की ली हुई गरमी के बराबर है।

पानी की ली हुई गरमी $38.67 \times 2.8 \text{ calories}$ है। इस लिये 19.17 gm जस्ता 65°C ठंडा होने में $38.67 \times 2.8 \text{ calories}$ देता है। इस लिये 1 gm जस्ता 65°C ठंडा होने में $\frac{38.67 \times 2.8}{19.17} \text{ calories}$ देता है। अतएव 1 gm जस्ता 1°C ठंडा होने में $\frac{38.67 \times 2.8}{19.17 \times 65} \text{ calorie}$ अर्थात् 0.085 calorie देता है। इस लिये जस्ते का आपेक्षिक ताप $= 0.085 \text{ calorie}$

अब हम इस प्रकार के प्रयोगों से पदार्थों के आपेक्षिक ताप का निर्णय करने के लिये एक साधारण नियम या गुर निकाल सकते हैं

	गरम पदार्थ (धातु)	ठंडा पदार्थ (पानी)
मिलाने के पहिले	मात्रा = M gm	मात्रा = W gm
	तापक्रम = T° ,	तापक्रम = T° ,
	आपेक्षिक ताप = S	
	मिश्रण का तापक्रम = T° ,	
मिलाने के पीछे	तापक्रम का पतन $F = T^\circ - 1^\circ$,	तापक्रम की वृद्धि, $R = T^\circ - T^\circ$,
	दी हुई गरमी $= M \times S \times F$	ली हुई गरमी $= W \times R$

धातु की दी हुई गरमी = पानी की ली हुई गरमी,

अर्थात् $M \times S \times F = W \times R$

$$S = \frac{W \times R}{M \times F}$$

कैलरिमौटर का समशक्तिक पानी

उपरोक्त प्रयोग में calorimeter की ली हुई गरमी का कोई विचार नहीं किया गया है। Calorimeter उतनी ही गरमी लेता है जितनी कि उस calorimeter के बदले पानी की कुछ अतिरिक्त मात्रा लेती है। पानी की यह अतिरिक्त मात्रा जो 1°C गरम होने के लिये उतनी ही गरमी लेती है जितनी कि calorimeter 1°C गरम होने के

लिये लेता है, उसे calorimeter का समशक्तिक पानी (*water equivalent* of the calorimeter) कहते हैं। यह निम्नलिखित रीति से निकाला जा सकता है

प्रयोग ४—कैलरिमीटर का समशक्तिक पानी निकालना।

Calorimeter की मात्रा तोल कर निकालो। Calorimeter में कुछ पानी लो और उसे फिर तोलो। एक beaker में कुछ पानी लो और उसे हवा के तापक्रम से लगभग 10°C के ऊपर तक गरम करो। Calorimeter के पानी का तापक्रम मालूम कर लो। गरम पानी का भी तापक्रम देख लो। Calorimeter के ठंढे पानी में कुछ गरम पानी तुरत छोड़ दो और फिर कुल पानी को चलाते रहो जब तक कि उसका तापक्रम स्थिर न हो जावे। अब इस अन्तिम तापक्रम को देख लो। इसके पहिले के प्रयोग में काम में लाये हुए calorimeter से किये हुए इस प्रकार के एक प्रयोग से प्राप्त निम्नलिखित हिसाब से तुम्हें यह मालूम हो जायगा कि इस प्रयोग का नतीजा किस तरह निकालना चाहिये

Calorimeter की मात्रा	$\approx 28.30\text{ gm}$
Calorimeter और ठंढे पानी की मात्रा	$\approx 65.30\text{ gm}$
Calorimeter + ठंढा पानी + गरम पानी की मात्रा	$\approx 89.80\text{ gm}$
इस लिये ठंढे पानी की मात्रा	$\approx 37.00\text{ gm}$
और गरम	$\approx 24.50\text{ gm}$
ठंढे पानी का तापक्रम	$\approx 29.0^{\circ}\text{C}$

गरम पानी का तापक्रम	$= 40^{\circ} \text{C}$
मिश्रण का तापक्रम	$= 33.2^{\circ} \text{C}$
इस लिये ठंड पानी के तापक्रम की वृद्धि	$= 4.2^{\circ} \text{C}$
चोर गरम पानी के तापक्रम का पतन	$= 6.8^{\circ} \text{C}$
गरम पानी की दो हुई गरमी	$= 24.5 \times 6.8 \text{ calories}$
	$= 166.6 \text{ calories}$

इस गरमी ने केवल calorimeter के पानी ही को गरम नहीं किया है वरन् calorimeter को भी गरम किया है। परन्तु चूँकि 37 gm पानी 4.2°C गरम होने के लिये इस गरमी में से $37 \times 4.2 \text{ calories}$ अर्थात् 155.4 calories ली है, इस लिये calorimeter ने 4.2°C गरम होने के लिये $166.6 - 155.4 \text{ calories}$ अर्थात् 11.2 calories अवशेष ली होगी। इस लिये calorimeter 1°C गरम होने के लिये $\frac{11.2}{4.2} \text{ calories}$ अर्थात् 2.7 calories लेता है। यह गरमी 2.7 gm पानी के तापक्रम को 1°C बढ़ा देगा। इस लिये calorimeter का समशक्तिक पानी अर्थात् वह अतिरिक्त पानी जो 1°C गरम होने के लिये उतनी ही गरमी लेगा जितनी कि calorimeter स्वयं 1°C गरम होने के लिये लेगा, 2.7 gm है।

Calorimeter की ली हुई गरमी का विचार करके ठोस वस्तु का आपेक्षिक ताप शुद्धता के साथ निकालना।

यदि तुमको calorimeter के समशक्तिक पानी का परिमाण मालूम हो तो तुम्हें आपेक्षिक ताप के लिये जो फल

प्रयोग ३ में मिला था उससे अधिक शुद्ध फल मिल सकता है। इस तरह हम प्रयोग ४ में पाये हुए फलों से प्रयोग ३ के फल को शुद्ध कर सकते हैं जैसा नीचे दिखाया गया है, इसी तरह तुमको भी अपने अपने फलों को शुद्ध कर लेना चाहिये।

Calorimeter और पानी की मात्रा = 66 97 gm

Calorimeter की मात्रा = 28 30 gm

Calorimeter के पानी की मात्रा = 38 67 gm

Calorimeter का समशक्तिक पानी = 2 70 gm

पानी की पूर्णमात्रा (W) = 41 37 gm

प्रयोग ३ से

$$M = 19.17 \text{ gm}$$

$$R = 2.8^\circ \text{ C}$$

$$F = 65^\circ \text{ C}$$

$$S = \frac{W \times R}{M \times F} = \frac{41.37 \times 2.8}{19.17 \times 65} = 0.093$$

हिसाब लगाकर समशक्तिक पानी निकालना

Calorimeter का समशक्तिक पानी हम हिसाब लगाकर भी निकाल सकते हैं यदि हमें उस धातु का आपेक्षिक ताप मालूम हो जिसका वह calorimeter बना हुआ है। प्रयोग ३ में जिस calorimeter से काम लिया गया है वह तांबे का बना हुआ था। तांबे का आपेक्षिक ताप 0.095 है। Calorimeter की मात्रा 28.3 gm थी। इस लिये

calorimeter को 1°C गरम करने के लिये 28.3×0.095 calories की आवश्यकता होगी। इस गरमी से $28.3 \times 0.095\text{ gm}$ पानी 1°C गरम होगा। इस लिये calorimeter का समशक्तिक पानी $= 28.3 \times 0.095\text{ gm}$

साधारणत, यदि C_{III} = Calorimeter की मात्रा

और C_s = Calorimeter का आपेक्षिक ताप

C_w = Calorimeter का समप्रक्षिप्त पानी.

$$C_w = C_s \times C_m$$

उदाहरण १—95 gm वजन के और 98°C तापक्रम के एक धातु के टुकड़े को 16°C तापक्रम के 50 gm पानी में डाल दिया गया जिस से पानी का तापक्रम 28°C तक चढ़ गया। उस धातु का आपेक्षिक ताप निकालो।

$$S = \frac{W \times R}{M \times F},$$

जहाँ S = धातु का आपेक्षिक ताप, W = पानी की मात्रा, R = पानी के तापक्रम की वृद्धि, M = धातु की मात्रा, F = धातु के तापक्रम का पतन।

$$S = \frac{50 \times 12}{95 \times 70} = 0.9$$

उदाहरण २—ताप के एक calorimeter और एक stirrer की तोल 30.63 gm है। 10.21 gm तोल के कुछ चांदी के चूर को 101.9°C तक गरम करके एक calorimeter के भीतर 81.34 gm पानी में डाल दिया गया है। इससे पानी का तापक्रम 11.09°C से 11.71°C तक चढ़ गया है। तो बताओ चांदी का आपेक्षिक ताप क्या है।

$$S = \frac{(W + C_s \times C_m) \times R}{M \times F},$$

जहाँ S = चांदी का आपेक्षिक ताप, W = पानी की मात्रा, R = पानी के तापक्रम की वृद्धि, M = चांदी की मात्रा, F = चांदी के तापक्रम का पतन, C_s = उस धातु क

आपेक्षिक ताप जिससे calorimeter और stirrer बने हुए है, $C_m = \text{calorimeter और stirrer की मात्रा}।$

$$S = \frac{(81.34 + 30.63 \times 0.095) \times 0.62}{10.21 \times 90.19} = 0.057$$

अभ्यास ३

(१) 35.4 gm तोल के एक तावे के calorimeter का समशक्तिक पानी क्या है? तावे का आपेक्षिक ताप = 0.095

(२) 128 gm तोल और 78°C तापक्रम की किसी एक वस्तु को 250 gm पानी में छोड़ दिया गया जिससे उस पानी का तापक्रम 12°C से 30°C तक चढ़ गया। उस वस्तु का आपेक्षिक ताप निकालो।

(३) 40°C तापक्रम के 91 gm पारा को 17°C तापक्रम के 20 gm पानी के साथ हिलाने से पानी का अन्तिम तापक्रम 20°C हो गया। तो बताओ पारे का आपेक्षिक ताप क्या है।

(४) 62°C तापक्रम के 255 gm पीतल को 32°C तापक्रम के 120 gm पानी में छोड़ देने पर पानी का अन्तिम तापक्रम 37°C हो गया। तो बताओ पीतल का आपेक्षिक ताप क्या है।

(५) निम्नलिखित फलों से तावे का आपेक्षिक ताप निकालो — एक तावे के calorimeter की तोल 35 gm है और इसका तापक्रम 25.5°C है। इसमें 64°C

तापक्रम का 20.6 gm पानी डाला गया है। अन्तिम तापक्रम 58.7°C है।

(६) यदि 98°C तापक्रम का 90 gm पारा 18°C तापक्रम के 100 gm पानी के साथ मिलाया जावे और अन्तिम तापक्रम 20.3°C हो तो पारे का आपेक्षिक ताप क्या है ?

(७) एक भट्टी का तापक्रम मापन करने के लिये निम्न-लिखित प्रयोग किया गया :

100 gm तेल के एक platinum का टुकड़ा उस भट्टी में गरम किया गया। जब इसका तापक्रम भट्टी के तापक्रम के बराबर पहुँच गया तब उसे तुरत एक बरतन में छोड़ दिया गया जिसमें 20°C तापक्रम का कुछ पानी था। पानी का तापक्रम 24°C तक चढ़ गया। Calorimeter के पानी की और calorimeter और stirrer के समशक्तिक पानी की तेल मिलकर 460 gm थी। अब उस भट्टी का तापक्रम निकालो। Platinum का आपेक्षिक ताप = 0.0365

(८) तुम्हें यह निकालना है कि 1 gm चादी 1°C ठंडी होने में कितनी गरमी देती है। इस प्रयोग को तुम किस प्रकार करोगे वर्णन करो।

(९) इससे क्या अभिप्राय होता है जब हम यह कहते हैं कि पानी का आपेक्षिक ताप तावे के आपेक्षिक ताप से 10 गुना अधिक है ?

(१०) यदि 50°C तापक्रम के 200 gm तारपीन को

एक बरतन में डाल दिया जाय जिस में 30°C तापक्रम का 400 gm पानी है तो दोनों को अच्छी तरह मिला देने पर तापक्रम क्या होगा ? तारपीन का आपेक्षिक ताप $= 0.425$ जिस धातु का calorimeter बना हुआ है उसका और calorimeter की मात्रा का हमने कोई विचार नहीं किया है, इससे अन्तिम फल पर क्या प्रभाव पड़ेगा ?

(११) खीलते हुए पानी और 15°C तापक्रम के पारे की बराबर मात्राये एक साथ मिला दी गई है। अन्तिम तापक्रम क्या होगा ? पारे का आपेक्षिक ताप $= 0.033$

(१२) 60°C तापक्रम की कुछ ग्लिसरीन और उसी आयतन का 20°C तापक्रम के तारपीन एक साथ मिला दिये गये हैं। दोनों के मिलने पर अन्तिम तापक्रम निकालो। ग्लिसरीन का घनत्व $= 1.20 \text{ gm per cc}$, तारपीन का घनत्व $= 0.87 \text{ gm per cc}$, ग्लिसरीन का आपेक्षिक ताप $= 0.58$, तारपीन का आपेक्षिक ताप $= 0.47$

(१३) 33 gm पानी 50°C से 0°C तक ठंडा होने में जो गरमी देता है उसे -10°C तापक्रम के 1 kilogram पारे को गरम करने के लिये काम में लाते हैं। तो बताओ पारे का तापक्रम कहा तक चढ़ेगा ? पारे का आपेक्षिक ताप $= 0.033$

(१४) 120 gm तोल के एक सौसे के टुकड़े को 90°C तक गरम करने के पीछे 25 gm तोल के एक तांबे के

calorimeter में रक्खा हुआ 15°C तापक्रम के और 100 gm तेल के एक द्रव पदार्थ में छोड़ दिया गया। यदि मिश्रण का अन्तिम तापक्रम 25°C हो तो उस द्रव पदार्थ का आपेक्षिक ताप क्या होगा? तावे का आपेक्षिक ताप = 0.095, सीसे का आपेक्षिक ताप = 0.031

(१५) 100°C तापक्रम के एक जस्ते के टुकड़े को 20 gm के एक लोहे के बरतन में रक्खा हुआ 20°C तापक्रम के 200 gm पानी में डाल दिया गया है। यदि मिश्रण का अन्तिम तापक्रम 25°C हो तो जस्ते के टुकड़े की तोल क्या होगी? जस्ते का आपेक्षिक ताप = 0.094, लोहे का आपेक्षिक ताप = 0.114

बरफ़ के द्रवीभवन का प्रच्छन्न ताप

प्रयोग ५—यह दिखाना कि पिघलती हुई बरफ़ अपना तापक्रम न बढ़ाकर ताप ग्रहण कर सकती है।

एक बड़ी परख नली (test tube) में एक thermometer रखो। परख नली के भीतर घुड़ी के चारों ओर बरफ़ रखो ताकि thermometer की नली लगभग १ इंच तक बरफ़ से ढकी रहे। एक beaker में कुछ ठंडा पानी रख कर उसी में इस परख नली को रख दो और पानी को धीरे धीरे गरम करो। Thermometer को

थोड़ी थोड़ी देर के बाद पढ़ते जाओ। तुम देखोगे कि जब तक कुछ भी बरफ बिना पिघली रह गई है तब तक thermometer का पारा एकही जगह स्थिर रहता है। जब कुल बरफ पिघल जाती है तब परख नली के पानी का तापक्रम चढ़ता जाता है।

इस प्रयोग में तुम देखते हो कि यद्यपि beaker के पानी से ताप परख नली में बराबर जा रहा था तथापि उस नली के भीतर की वस्तु पहिले से अधिक गरम नहीं हुई। तो अब यह प्रश्न अवश्य हो सकता है कि परख नली में जो ताप जा रहा था वह किस काम में आता था। यह ताप बरफ को ठोस अवस्था से द्रव अवस्था में लाने के लिये काम आता था। जब तक यह ताप इस काम को कर रहा था तब तक यह ताप बरफ के तापक्रम को कुछ भी नहीं बढ़ाता था। बरफ के तापक्रम को न बढ़ाकर उसे ठोस की दशा से द्रव की दशा में बदलने के लिये जिस ताप की आवश्यकता होती है उसे प्रच्छन्न या अनुहुत ताप (*latent heat*) कहते हैं। “Latent” एक Latin शब्द है जिसका अर्थ “प्रच्छन्न” अर्थात् “छिपा हुआ” है, और यहा इस शब्द के प्रयोग होने का कारण यह है कि बरफ को पानी के रूप में लाने के लिये जितना ताप लगता है वह बरफ के तापक्रम को कुछ भी नहीं बढ़ाता है और इस लिये छिपा हुआ या प्रच्छन्न मालूम होता है। जिस क्रिया के द्वारा किसी पदार्थ को ठोस की दशा से द्रव की दशा में

परिवर्तन किया जाता है उसे द्रवीभवन या पिघलना (*fusion*) कहते हैं और 0°C तापक्रम की 1 gm बरफ़ को 0°C तापक्रम के पानी में बदलने के लिये जितने ताप की आवश्यकता होती है उसे बरफ़ की द्रवीभवन का प्रच्छन्न ताप (*latent heat of fusion of ice*) कहते हैं।

प्रयोग ६—बरफ़ की द्रवीभवन का प्रच्छन्न ताप निकालना।

ताबे के एक calorimeter को तोल (W_1) निकाल लो और इसका समशक्तिक पानी ($W_1 \times 0.095$) निर्णय कर लो। एक beaker में कुछ पानी को laboratory के तापक्रम से लगभग 25 अथ ऊपर तक गरम करो। इस पानी में से लगभग 150 gm पानी calorimeter में छोड़ दो। अब फिर calorimeter को तोल कर उसके पानी की मात्रा (W_2) ठीक ठीक मालूम कर लो। बरफ़ के प्राय. 1 cc आयतनवाले छोटे छोटे लगभग 10 टुकड़े एक झाटिंग कागज़ पर रख कर अच्छी तरह सुखा लो। calorimeter के पानी को thermometer से चला दो और जब यह देखो कि इसका तापक्रम laboratory के तापक्रम से 5 या 6 अथ ऊपर है तब उस तापक्रम (T_1) को शुद्धता के साथ पढ़ लो और तुरत ही सूखी बरफ़ को calorimeter में डाल दो। पानी और बरफ़ को thermometer से चलाओ और जब यह देखो कि सब बरफ़ पिघल गई है तब तुरत

पानी के तापक्रम (T_2) को पढ़ लो और thermometer को निकाल लो। Calorimeter और उसके भीतर की वस्तुओं की तोल (W_3) निकाल लो। अपने फलों की इस तरह लिखो :—

Calorimeter की मास (W_1)	=	gm
Calorimeter और गरम पानी की मास (W_2)	=	gm
गरम पानी की मास ($W_2 - W_1$)	=	gm
Calorimeter और गरम पानी और बरफ की मास (W_3)	=	gm
बरफ की मास ($W_3 - W_2$)	=	gm
पानी का आदिम तापक्रम (T_1)	=	$^{\circ}\text{C}$
पानी का अन्तिम तापक्रम (T_2)	=	$^{\circ}\text{C}$

यदि हम बरफ के द्रवीभवन का प्रच्छन्न ताप अर्थात् latent heat of fusion of ice को L calories मान लें और विकीरण के कारण जो गरमी नष्ट हो गई है उसे छोड़ दे तो

बरफ को ली हुई गरमी = गरम पानी की दी हुई गरमी,

$$\begin{aligned} \text{अर्थात् } (W_3 - W_2)L + (W_3 - W_2)T_2 \\ = \{(W_2 - W_1) + W_1 \times 0.095\}(T_1 - T_2), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{अर्थात् } (W_3 - W_2)L \\ = \{(W_2 - W_1) + W_1 \times 0.095\}(T_1 - T_2) - (W_3 - W_2)T_2, \end{aligned}$$

$$\text{अर्थात् } L = \frac{\{(W_2 - W_1) + W_1 \times 0.095\}(T_1 - T_2) - (W_3 - W_2)T_2}{W_3 - W_2}$$

इस प्रयोग को दोहराओ और दोनों नतीजों का औसत निकालो।

बरफ के द्रवीभवन के प्रच्छन्न ताप के लिये ठीक फल 80 calories प्रति gm होता है।

अभ्यास ४

(१) 6 kgm बरफ के पिघलने के लिये कितनी गरमी की आवश्यकता है ?

(२) 60°C तापक्रम के 500 cc पानी में कितने gm बरफ छोड़नी चाहिये कि पानी का तापक्रम 30°C तक उतर जावे ?

(३) 1 kgm उबलते हुए पानी से 0°C तापक्रम की कितनी बरफ पिघल जायगी ?

(४) 50°C तापक्रम का कितना पानी 5 kgm बरफ को पिघलाने के लिये ठीक पूरा होगा ?

(५) 80°C तापक्रम का कितना पारा 0°C तापक्रम के 33 gm बरफ को पिघला देगा ? (पारे का आपेक्षिक ताप = 0.033)

(६) 50°C तापक्रम के 30 gm पानी में 0°C तापक्रम के 10 gm बरफ मिलाने से अन्तिम तापक्रम क्या होगा ?

(७) 1 kgm तोल के एक लोहे के टुकड़े को 100°C तक गरम करके कुछ बरफ और पानी के मिश्रण में छोड़ दिया गया। बताओ इस से कितना बरफ पिघल जावेगा। (लोहे का आपेक्षिक ताप = 0.114)

(८) एक प्रयोग में यह देखा गया कि 100°C तापक्रम के 16 gm तांबे ने 2 gm बरफ को ठीक पिघला दिया। इन फलों से तांबे का आपेक्षिक ताप निकालो।

(८) 60 gm बरफ 50°C तापक्रम के 200 gm पानो में छोड़ दी गई। कुल बरफ पिघल जाने पर पानो का तापक्रम 20°C था। बरफ के द्रवीभवन या पिघलने का प्रच्छन्नताप निकालो।

(१०) एक प्रयोग में पाये हुए निम्नलिखित फलों से बरफ के द्रवीभवन का प्रच्छन्न ताप हिसाब लगा कर निकालो।

तांबे के calorimeter का मापा	$= 29.8 \text{ gm}$
तांबे के calorimeter + गरम पानी का मापा	$= 74.5 \text{ gm}$
तांबे के calorimeter + गरम पानी + बरफ का मापा	$= 82.3 \text{ gm}$
Calorimeter के पानी का आदिम तापक्रम	$= 28.4^{\circ}\text{C}$
Calorimeter के पानी का अन्तिम तापक्रम	$= 13.3^{\circ}\text{C}$

वाष्पीभवन का प्रच्छन्न ताप

प्रयोग ७—यह दिखाना कि जब कोई द्रव पदार्थ भाप बन कर उड़ जाता है तब वह ताप ग्रहण करता है।

लकड़ी के एक पतले टुकड़े पर पानी की कई बूंद छोड़ दो। और उस पानी के ऊपर एक beaker रखो जिस में थोड़ा ether हो, ऐसा करने से beaker और लकड़ी के बीच में पानी का एक पतला परत बन जाता है। लगभग 1 फुट लम्बी एक काच की नली लो और उसका एक सिरा अपने मुँह में और दूसरा ether में डाल कर जोर से

ताकि हवा ether के भीतर से हो कर निकलती रहे । Ether तुरत सूखने लगता है और कुछ देर में लकड़ी और beaker के बीच का पानी जम कर बरफ हो जाता है जिस से ether लकड़ी से चिपक जाता है । इसका कारण यह है कि ether भाप बन कर उड जाने के लिये गरमी पानी से ली है जो इस तरह ठढा होते होते अत में जम कर बरफ हो गया ।

यदि तुम अपने हाथ पर कुछ ether छिडक दो तो तुम देखोगे कि यह तुरत सूख जायगा और तुम्हारे हाथ में ठढक मालूम होगी, भाप बन कर उड जाने के लिये ether को जितनी गरमी की आवश्यकता थी वह तुम्हारे हाथ से ली गई है । तुम यह भी जानते हो कि वर्षा ऋतु में पखे की हवा के नीचे बैठने से ठढक मालूम होती है । इसका कारण यह है कि पखे के चलने से तुम्हारे पास लगातार ताजी हवा आती रहती है जिस से तुम्हारे शरीर की आर्द्रता शीघ्र सूख जाती है, भाप बनने के लिये जितनी गरमी लगती है वह तुम्हारे शरीर से जाती है जो इस तरह ठढा होता रहता है ।

भाप का प्रच्छन्न ताप

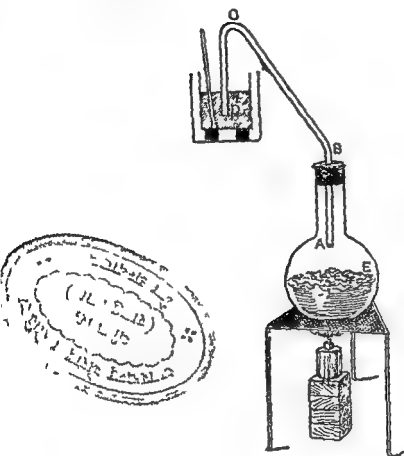
तुम यह तो पहिले ही से जानते ही कि जब पानी गरम किया जाता है तो उसका तापक्रम बराबर बढ़ता चला जाता है और अन्त में वह पानी उबलने लगता है, उस समय

उसका तापक्रम स्थिर रहता है। पानी का उबलना आरम्भ होने पर उसका तापक्रम न चढ़ने का कारण यह है कि जितनी गरमी लौ से पानी में आती है वह सब पानी को द्रव की अवस्था से भाप की अवस्था में बदलने के लिये खर्च हो जाती है। भाप का प्रच्छन्न ताप (*latent heat of steam* या *latent heat of vaporisation of water*) उस ताप की मात्रा को कहते हैं जो 100°C तापक्रम के 1 gm पानी को 100°C तापक्रम के भाप में बदलने के लिये आवश्यक होती है। इस तापमात्रा का मान 536 calories प्रति gm है। जब 100°C तापक्रम की 1 gm भाप जमकर 100°C तापक्रम का पानी हो जाती है तो उस से उतनी ही गरमी निकलती है।

प्रयोग ८—भाप का प्रच्छन्न ताप निकालना।

एक flask में कुछ पानी रखो। इस flask में एक झुकी हुई नली लगा दो जैसा नीचे के चित्र में दिखाया गया है, नली को इस तरह लगाना चाहिये कि उसका BC हिस्सा flask की तरफ झुका हुआ हो और BC लगभग 1 फुट और CD 5 फीट लम्बी हो। Flask को लोहे की एक तिपाई पर रख कर पानी को गरम करो। एक calorimeter को तोल लो। इसमें लगभग 200 gm पानी डालो और फिर तोल कर पानी की ठीक ठीक तोल निकाल लो। Calorimeter को टिन के एक बरतन में काग

के टुकड़ों पर रखो। Calorimeter के पानी का तापक्रम* अच्छी तरह पढ़ लो। कुछ मिनट तक नली से भाप निकलने के पीछे D सिरे पर जो कुछ पानी लगा हुआ हो



चित्र २

उसे पीछे लो और तुरत calorimeter को नली के पास लाओ ताकि D सिरा पानी के भीतर कुछ नीचे तक चला जावे।

* नोट—यदि फल प्राप्त होने के लिये यह तापक्रम हवा के तापक्रम से लगभग 5°C कम होना चाहिये, Calorimeter को बर्फ से ढका जा सकता है।

Thermometer के द्वारा calorimeter के पानी को बराबर चलाते जाओ और जब तक calorimeter के पानी का तापक्रम लगभग 10°C न बढ़ जावे तब तक नली के सिरे को पानी के भीतर से न निकालो। अब calorimeter को हटा लो और पानी के तापक्रम को अच्छी तरह पढ़ लो। अन्त में calorimeter और उसके भीतर के पानी को तोल कर जमो हुई भाफ की तोल निकाल लो।

इस प्रयोग का फल निम्नलिखित रीति से हिसाब लगाकर निकाला जायगा —

मान लो कि M_1 = ठंडे पानी की मात्रा जिस में calorimeter का समशक्तिक पानी भी शामिल है।

„ M_2 = जमो हुई भाफ की मात्रा।

„ $T_1^{\circ}\text{C}$ = पानी का आदिम तापक्रम।

„ $T_2^{\circ}\text{C}$ = „ अन्तिम „ ।

„ L = भाफ का प्रच्छन्न ताप।

ठंडे पानी और calorimeter ने जितनी गरमी ली है यह $M_1 \times (T_2 - T_1)$ calories है। भाफ से निकली हुई गरमी = जम कर पानी के रूप में बदल जाने में $M_2 \text{ gm}$ भाफ की दी हुई गरमी $+ 100^{\circ}\text{C}$ से $T_2^{\circ}\text{C}$ तक ठंडा होने में $M_2 \text{ gm}$ पानी की दी हुई गरमी $= M_2 \times L$ calories $+ M_2 \times (100 - T_2)$ calories

परन्तु ठंडे पानी और calorimeter की ली हुई गरमी = भाफ की दी हुई गरमी ।

इस लिये, $M_1(T_2 - T_1) = M_2 \times L + M_2(100 - T_2)$,

अर्थात्, $L = \frac{M_1(T_2 - T_1) - M_2(100 - T_2)}{M_2}$

अभ्यास ५

(१) 30°C तापक्रम के 50 gm पानी को 100°C तापक्रम की भाफ में बदलने के लिये कितनी गरमी की आवश्यकता होगी ?

(२) 0°C तापक्रम की 50 gm बरफ को 100°C तापक्रम की भाफ में बदलने के लिये कितनी गरमी की आवश्यकता होगी ?

(३) -10°C तापक्रम की 50 gm बरफ को 115°C तापक्रम की भाफ में बदलने के लिये कितनी गरमी आवश्यक है ? (बरफ का आपेक्षिक ताप = 0.5 , भाफ का आपेक्षिक ताप = 0.46)

(४) 0°C तापक्रम की 1 kgm बरफ को 50°C तापक्रम के पानी के रूप में बदलने के लिये 100°C तापक्रम की कितनी gm भाफ की आवश्यकता होगी ?

(५) 0.1 आपेक्षिक ताप के किसी एक calorimeter की तोल 150 gm है। इस में 15°C तापक्रम के 250 gm पानी है। जब 100°C तापक्रम की 30 gm भाफ उस

पानी में आकर जम गई तो पानी का तापक्रम 78.5°C तक चढ़ गया। इस से भाप का प्रच्छन्न ताप निकालो।

(६) 40 gm भाप से कितनी बरफ पिघल सकती है ?

(७) कितने gm लोहा 250°C से 100°C तक ठंडा होने में 0°C तापक्रम की 5 gm बरफ को 100°C तापक्रम की भाप में परिवर्तन कर सकेगा ? (लोहे का आपेक्षिक ताप = 0.112)

(८) जब 100°C तापक्रम की 1 gm भाप 20°C तापक्रम के 19.5 gm पानी में चलाई जाती है तो उस पानी का तापक्रम 50°C तक चढ़ जाता है। इन फलों से भाप का प्रच्छन्न ताप निकालो।

(९) 0.1 आपेक्षिक ताप के एक calorimeter में जिसकी तोल 28 gm है 34°C तापक्रम के 39 gm पानी है। यदि इस पानी में 100°C तापक्रम की 2 gm भाप चलाई जाय तो उसका अन्तिम तापक्रम क्या होगा ?

(१०) किसी एक प्रयोग में पाये हुये निम्नलिखित फलों से भाप का प्रच्छन्न ताप हिसाब लगाकर निकालो :

Calorimeter (आ० ता० = 0.1)	की तोल	= 28.5 gm.
„ + पानी	„	= 70.8 gm
„ + „ + जमी हुई भाप	„	= 72.4 gm
पानी का आदिम तापक्रम		= 30°C
„ „ अन्तिम	„	= 50.5°C

दूसरा अध्याय

साधारण यन्त्रों का तैयार करना

काग का नरम करना—नया काग इतना कठिन होता है कि काच के किसी बरतन के मुह पर अच्छी तरह नहीं लगता है। यदि इसे बीतल या नली के मुह के भीतर जोर से इस तरह दबा दिया जाय कि हवा का रास्ता भी बन्द हो जाय तो काच के टूटने या चिटकने का बहुत डर रहता है।

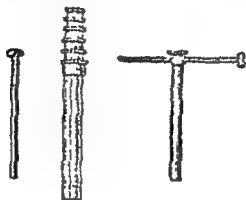
एक नया काग लो और उसे जमीन पर रख कर अपने बूट की तली से लुडकाते हुए दबाते जाओ और क्रमशः उस पर अपने पैर का दबाव बढ़ाते जाओ। इस तरह काग को जमीन पर कई बार आगे पीछे लुडका कर उठा लो। अब इसे अच्छी तरह देखने से तुम्हें मालूम होगा कि यह काग अब पहिले की अपेक्षा बहुत नरम हो गया है, और तुम यह भी देखोगे कि नरम न किए हुए काग की अपेक्षा यह काग काच के किसी बरतन में अधिक सुगमता से ठोक ठोक बैठाया जा सकता है और काग नरम होने के कारण काच के टूटने का भी डर बहुत कम रहता है।

काग का छांटना—यह अत्यन्त आवश्यक है कि काग खूब साफ हो और उस यन्त्र में ठीक ठीक लग जावे जिस के लिये वह छाटा गया है। साफ काग की यह

पहचान है कि उसका रंग हल्का हो और उसमें किसी प्रकार के छेद या दरार न हो। किसी नली या flask में लगाने के लिये काग काटने के समय तुम्हें एक ऐसा काग लेना चाहिये जो नरम किये जाने के पछिले उस नली या flask के भीतर अपनी लम्बाई का चौथा भाग तक चला जाय अथवा नरम किये जाने के पीछे अपनी लम्बाई का आधा भाग चला जाय। यदि कोई काग मुँह के भीतर कुछ दूर तक न जाय तो उसका बहुत आसानी से निकल आने का डर रहता है और यदि यह भीतर बहुत दूर तक चला जाय तो अधिक सम्भव है कि हवा का रास्ता बिल्कुल बन्द नहीं होगा। काग का ठीक ठीक लगाना एक ऐसा विषय है जिस पर यथोचित ध्यान नहीं दिया जाता है। कभी कभी ऐसा होता है कि जिस प्रकार का काग चाहिये ठीक उसी प्रकार का काग मिलना कठिन हो जाता है परन्तु ऐसी दशा में बहुत ढीला या बहुत कसा काग न लेकर तुम्हें एक और flask या नली माग लेना चाहिये जिसमें काग ठीक ठीक बैठ जाय।

काग में छेद करना। काग छेदनेवाला यन्त्र (*Cork borer*)—यह यन्त्र धातु का एक नल है जिस का एक सिरा बहुत तेज होता है और दूसरे सिरे में पकड़ने के लिये किसी प्रकार का एक बेंट लगा रहता है। काटनेवाले सिरे को तेज रखना बहुत आवश्यक है और यह एक छोटे रेत के द्वारा हो सकता है। यदि यह तेज किनारा कुद

हो जाय तो उसे फिर अवश्य तेज कर लेना चाहिये और इसलिये नली के भीतर एक गोल रेत दबा कर उस छेदनेवाले यन्त्र की लगातार घुमाना चाहिये जब तक कि उसका किनारा फिर बराबर होकर तेज न हो जावे ।



चित्र -

एक हाथ में काग और दूसरे में cork borer लो । काग के ऊपर borer को जोर से दबाओ और साथ ही उसे घुमाते जाओ । यह बहुत ही आवश्यक है कि borer बराबर काग के साथ समकोन में हो नही तो छेद सीधा नही होगा । यदि तुम बराबर छेद करते चले जाओ जब तक कि borer का काटनेवाला सिरा काग के पेंदे से न निकल आवे, तो तुम देखोगे कि प्रायः काग के पेंदे से छोटे छोटे टुकड़े टूट कर निकल आते है , इस लिये छेद करने की सब से अच्छी रीति यह है कि पहिले काग के एक सिरे से प्रायः आधे से कुछ अधिक दूर तक छेद कर लिया जाय और फिर borer को निकाल कर दूसरे सिरे से बाकी आधा

छेद लिया जाय। परन्तु यदि यह दोनों छेद सीधे न हो तो वह नहीं मिलेंगे और काग फिर किसी काम में न आवेगा।

काग छेदने में जो काग का टुकड़ा बोच से काट कर निकाल आता है वह प्रायः borer में रह जाता है, उसे पकड़ कर मजबूत छड़ से ठेल कर निकाल देना चाहिये, यह कर borer के साथ ही रहता है और प्रायः बेंट के काम में भी आता है।

Cork borer प्रायः एक एक करके अलग अलग नहीं बिकते परन्तु छोटे बड़े कई cork borer एक दूसरे की अन्दर रक्खे हुए एक साथ बिकते हैं।

काच की नली का काटना—काच की नली को मेज पर रक्खो और एक तेज रेत का किनारा उसके ऊपर रख कर थोड़ा दबाते हुए एकवार खींच लो। रेत से इस तरह काच में एक छोटा गड्ढा सा बन जाता है।



चित्र ४

नली को उठा लो और गड्ढे की उल्टी तरफ के काच पर अपने दोनों हाथों के अंगूठों को रख कर उसे पकड़ो और फिर अंगूठों से दबाते जाओ और हाथों से खींचते जाओ। मानो कि तुम वह छोटे गड्ढे को और चौड़ा करने की

चेष्टा कर रहे हों। यह करने पर नली उस जगह से टूट जाना चाहिये जहाँ यह रेत से काटी गई थी।

यह गड्ढा कुछ गहरा होना चाहिये, इसलिये रेत को कुछ जोर से दवाने की आवश्यकता है, परन्तु दबाव बहुत अधिक होने पर नली टूट जायगी। नली को तोड़ने के लिये उसे इस तरह पकड़ना चाहिये कि गड्ढा तुम्हारे सामने न रहे वरन् उल्टो तरफ रहे, तब तुम्हारे चेहरे के कटने का कोई डर नहीं है।

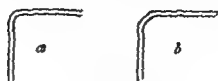
कांच की नली के किनारों को गोल करना—
जब कोई नली कट चुकती है तब उसके किनारे तेज रहते हैं और यदि इस अवस्था में किसी छेद किये हुए काग के भीतर उसे चला दिया जाय तो यह काग टूट सकता है। कांच की नली को काटने के पौछे सदा निम्न-लिखित नियमानुसार तुरंत गोल कर लेना चाहिये :—

काच की नली का एक ऐसा टुकड़ा लो जो अभी काटा गया है और धीरे धीरे कटे हुए सिरे को bunsen या spirit की बत्ती की शिखा में गरम करो। नली को बराबर झुमाते जाओ ताकि वह सिरा बराबर गरम होते होते अन्त में बिलकुल लाल हो जाय। अब तुम देखोगे कि काच थोड़ा थोड़ा पिघलता है और वह तेज खुरदरे किनारे जाते रहते है। जब सिरा चिकना हो जाय तो नली को शिखा से निकाल लो और काच को धीरे धीरे ठंडा होने दो।

कांच की नली को भुकाना—चूँकि कांच गरम करने से नरम हो जाता है इसलिये कांच की नली को हम जिस तरह चाहे भुका सकते हैं। परन्तु इस में दो बातों का विशेष ध्यान रखना चाहिये, एक तो यह कि नली को उसकी परिधि के चारों ओर से बराबर एक समान गरम करना चाहिये और दूसरा यह कि नली को कुछ अधिक दूर तक गरम करना चाहिये।

कई इंच लम्बी एक कांच की नली को और उसके मध्य भाग को bunsen burner पर गरम करो। जब यह इतनी नरम हो जाय कि अच्छी तरह भुका सके तो उसे एक समकोन में भुका दो। इस प्रयोग में इन बातों पर कुछ ध्यान न दो कि नली को घुमाना चाहिये या उसे कुछ अधिक दूर तक गरम करना चाहिये। यद्यपि नली भुकाने में टूट न जाय तथापि भुका हुआ हिस्सा चित्र ८ के सदृश हो जायगा। यह रीति ठीक नहीं है। यदि तुम इस भुकी हुई नली को पहिले ठठा होने दो और फिर तोड़ने की चेष्टा करो तो तुम देखोगे कि यह बहुत ही आसानी से टूट जाती है। संभव है कि यदि उसे आच में फिर गरम करने की कोशिश करो तो भी यह टूट जायगी। इसका कारण यह है कि भुकाव के बाहर की ओर कांच पर खीचाव पड़ने से यह पतली हो गई है और भीतर की ओर कांच एक जगह जमा हो जाने से कहीं अधिक और कहीं कम मोटी हो गई है। अब यदि ऐसी नली गरम की जाय

तो झुकाव की चारों ओर समान फैलाव नहीं होता है और इस लिये नली इस जगह से टूट जाती है।



a a well bent tube
b a badly bent tube

चित्र १

अब ऐसी एक और नली लो परन्तु उसे साधारण bunsen शिखा पर गरम न करके चमगौदड़ के पख (batwing) या मछली की दुम (fishtail) के सदृश चपटी शिखा पर गरम करो। धुआँ और काजल से कोई हानि नहीं होगी (नोट देखो)^{*}। काच की नली को जितनी लम्बाई तक हो सके उतनी लम्बाई तक अवश्य गरम करना चाहिये। नली को शिखा पर रख कर धीरे धीरे घुमाते जाओ। इसे पकड़ने के लिये सब से अच्छी रीति यह है कि उसे अपने दोनों हाथों की अंगुलियों और अंगुठों के बीच में रख लो, इस दशा में अंगुलियों को थोड़ा सा हिलाने से ही नली को बराबर घुमा सकते हैं।

* नोट—यदि gas न हो तो काँच की नली झुकाने के लिये एक विशेष प्रकार की spirit lamp से काम लेना चाहिये जैसा कि चित्र ६ में दिखाया गया है। इस में कम से कम २ इंच चौड़ी बत्ती होनी चाहिये, इस प्रकार की बत्ती के उपयोगी lamp बाजार में बहुत सस्ते में बन सकती है।



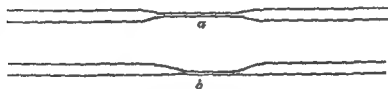
चित्र ६

जब काच नरम हो जाय तब नली से एक हाथ हटा लो और उस सिरे को अपने बोझ से आप से आप झुकाने दो। यदि नली की लम्बाई इतनी कम हो कि जिसके बोझ से वह नहीं झुक सकती तो उसे झुकाने के लिये बहुत ही धीरे धीरे दबाते जाओ। जब तक नली आप से आप झुकती है या उसे झुकाया जाता है तब तक उसे शिखा में रक्खा जाता है। अब तुम्हारा झुकाव ऐसा होना चाहिये जैसा कि चित्र « में दिखाया गया है। झुकाव के बाहर की ओर काच अब पहिले की तरह इतना पतला नहीं हो जाता है और भीतर की ओर काच अब नीचा नहीं रहता वरन् समान और चिकना हो जाता है। तुम देखोगे कि यह झुकाव आसानी से नहीं टूटेगा और बिना कोई डर के गरम किया जा सकता है।

यह स्मरण रखो कि जो काच गरम किया गया है उसे सदा बहुत धीरे धीरे ठंडा करना चाहिये।

टोंटी बनाना—काच की नली के एक टुकड़े को बीच में bunsen शिखा पर गरम करो और उसे सावधानता से घुमाते जाओ ताकि सब जगह बराबर गरमी पहुँचे। जब काच नरम हो जाय तब उसे शिखा से निकाल लो और दोनों सिरों को पकड़ कर पहिले बिल्कुल धीरे और फिर इस से जल्द खींच लो।

यदि काच ठीक तापक्रम तक गरम हो गया था और तुम उसे न तो बहुत जल्द और न बहुत धीरे खींचा है तो तुम देखोगे कि एक नली से दो नलियां बन गई हैं जो एक दूसरे के साथ एक बहुत पतली नली के द्वारा मिली हुई हैं। दोनों चौड़े सिरे क्रमशः बराबर गावदुम होते हुए पतले हिस्से तक चले आयेंगे जिसकी लम्बाई पांच और दस cm के बीच में और बाहरी व्यास एक मिलीमीटर होना चाहिये।



a tube well drawn out
b tube badly drawn out

चित्र ७

यदि काच समान रूप से गरम न हुआ हो और दोनों सिरों पर बराबर खिंचाव न पड़ा हो तो चौड़ा हिस्सा खींचे हुए पतले हिस्से तक एक समान गावदुम नहीं होगा और फल यह होगा कि टोटी खराब बनेगी। नली को जैसा बताया गया है खींच कर पतले हिस्से में रेत से एक छोटा सा निशान बना लो और वहां से नली के दो टुकड़े कर डालो। अब इन दोनों टोंटियों के सिरों को जितना लम्बा आवश्यक हो उतना ही लम्बा सुगमता से बना सकते हो। यह स्मरण रखो कि प्रत्येक टोंटी के सिरों को शिखा पर रख कर अवश्य समान कर लेना चाहिये।

काच की नली के सिरे का वन्द करना—
नली के सिरे को bunsen शिखा पर रखो और उसे बराबर
घुमाते रहो। ज्यों ज्यों काच गरम हो कर लाल होता
जाता है त्यों त्यों नली का मुह छोटा होता जाता है यन्ना
तक कि अन्त में यह बिलकुल बन्द हो जाता है।

किसी नली के सिरे पर एक छोटी घुंडी
बनाना—नली के सिरे को जैसा कि पिछले प्रयोग में
बताया गया है बन्द कर दो। बन्द सिरा गरम और लाल
रहते ही दूसरे सिरे को अपने मुह में डाल कर फूँको।
यदि काच बहुत गरम है और तुम बहुत ही ज़ोर से फूँकोगे
तो कांच तुरन्त फूल कर फट जायगा। और यदि यह
यथेष्ट गरम न हो अथवा तुम बहुत ही धीरे धीरे फूँको तो
तुम उसमें घुंडी बिलकुल ही न बना सकोगे। बड़ो घुंडी
बनाना कठिन है। यदि तुम आधा centimetre व्यास की
नली से एक centimetre व्यास की घुंडी बना सको तो
तुम्हें सन्तुष्ट हो जाना चाहिये। सिरे को एक समान गरम
करना चाहिये नहीं तो तुम्हारी घुंडी गोली की तरह नहीं
होगी। इस बात पर विशेष ध्यान रखना चाहिये कि
केवल वही सिरा गरम किया जाय जिस पर घुंडी बनाना
है। यदि तुम सिरे के पास नली को भी गरम करो तो
घुंडी में कुछ मोटा काच रह जायगा और सम्भव है कि
घुंडी एक ओर बहुत हट जायगी।

तीसरा अध्याय

पानी—इसके साथ घुले हुए पदार्थों का
इसके वायनाङ्क पर प्रभाव

प्रयोग ८—यह दिखाना कि नल का पानी
शुद्ध नहीं है ।

एक साफ़ परख नली में लगभग 50 cc नल का पानी
लो । इसे अच्छी तरह देखो और यदि इसमें कोई चीज
दिखाई देती हो तो एक दूसरी परखनली में उसे छान लो ।

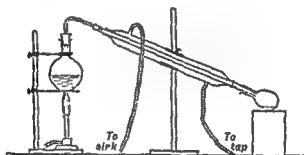
कुछ रेत से भरे हुए एक तवे (sand bath) पर एक
बड़ा watch glass रखो और ऊने हुए पानी में से कुछ
पानी उसमें डाल दो । Sand bath को एक bunsen से
गरम करो और कुल पानी को भाप बन कर उड़ जाने दो ।
जब watch glass बिलकुल सूख जाय तो उसे एक ताल
(lens) से भली भाँति देखो और जो कुछ तुम्हें दिखाई दे
उसे लिख लो ।

परिस्त्वण—नल या कृत्रिम का पानी शुद्ध नहीं है ।
तुमने देखा है कि इसमें थोड़े से घुले हुए पदार्थ रहते हैं ।
शुद्ध पानी प्राप्त होने के लिये हमें यह सब पदार्थ निकाल
देना चाहिये । परन्तु, चूँकि छानने से यह नहीं जाते हैं, इस
लिये एक दूसरा उपाय किया जाता है । पानी को उबाल
कर भाप बनाना और फिर उस भाप को ठंढा करके पानी के

रूप में बदलने को क्रिया को परिस्रवण या परिस्रवण करना (distillation or distilling) कहते हैं। प्रायः सब प्रकार के घोलों से शुद्ध पानी प्राप्त होने के लिये यह परिस्रवण क्रिया का प्रयोग किया जा सकता है।

प्रयोग १०—परिस्रवण द्वारा शुद्ध पानी निकालना।

नल से कुछ पानी ले लो और उसमें थोड़ी सी स्याही छोड़ दो, और उसके साथ 500 cc पानी में लगभग 10 gm नमक के हिसाब से कुछ नमक भी मिला दो। अब पानी देखने में रंगीन और स्वाद में नमकीन मालूम होगा।



चित्र ८

500 cc के एक flask में एक काग लगाओ और काग में छिद्र करके एक सुकी हुई कांच की नली लगाओ जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। कांच की नली काग के नीचे केवल 1 cm निकलो हुई रहनी चाहिये और नली का मुकाब काग से लगभग 2 या 3 cm ऊपर रहना चाहिये।

अब छेद किये हुए एक दूसरे काग के द्वारा flask को एक condenser के साथ मिला कर एक ऐसा यन्त्र तैयार करो जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। Flask को अवश्य या तो रेत के तवे (sand bath) पर या तार की जाली (wire gauze) पर रखना चाहिये और उसे clamp से कस देना चाहिये ताकि वह सीधा खड़ा रहे। अब काग निकाल कर flask में रगोन नमकीन पानी इतना छोड़ दो कि उसका आधा भर जाय और फिर उसे condenser के साथ मिला दो। Condenser के खुले हुए सिरों के नीचे एक छोटा flask रख दो और नल को खोल दो ताकि नल का ठंडा पानी condenser के नीचे से आकर भीतर बहता हुआ उसके ऊपर से बराबर निकलता रहे। अब flask के पानी को उबालो। पानी भाप में बदल जाता है। भाप फिर पानी के रूप में जम जाता है जिसे *distil* या परिस्सृत होना कहते हैं। नीचे के flask में जो कुछ तुमने जमा किया है उसे *distillate* या परिस्सृत पदार्थ कहते हैं। करीब 100 cc जमा करो और इसे एक साफ़ बोतल में रख कर टिकट लगा दो। परिस्सृत पदार्थ को चख कर देखो और उसके रंग पर भी ध्यान दो।

* नोट—यदि पानी उबलते समय उकल उठे तो टूटा खपड़ा या चीनी मिट्टी की नली के एक छोटे टुकड़े को bunsen शिखा पर गरम करके लास कर लो और ठंडा होने पर flask में छोड़ दो। तब पानी बिना उकले हुए भी बराबर खीसता रहेगा।

पानी के कथनाङ्क पर घुले हुए पदार्थ का प्रभाव

तुम पहिले ही देख चुके हो कि जब पानी में कोई पदार्थ घुला हुआ रहता है तो घोल का कथनाङ्क शुद्ध पानी के कथनाङ्क से ऊँचा होता है (पन्जिला भाग, प्रयोग 37 और 39)। इन प्रयोगों में तुम्हें thermometer को द्रव पदार्थ के भीतर रखने के लिये कहा गया था। किसी द्रव पदार्थ का कथनाङ्क निकालने की इस से अधिक शुद्ध रीति यह होगी कि द्रव पदार्थ को एक flask या एक लम्बी नली में उबाला जाय और thermometer की घुडी को द्रव पदार्थ के ऊपर रखा जाय ताकि वह केवल भाप ही से गरम हो।

प्रयोग ११—परिस्तुत पानी का कथनाङ्क निकालना।

एक flask या उबालनेवाली नली (boiling tube) लो और उसमें दो छेदवाला एक काग लगा दो जिस के एक छेद में एक thermometer और दूसरे में एक झुकी हुई नली लगी हुई हो जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।

Flask में कुछ परिस्तुत पानी छोड़ दो और उसी समय का गरम किया हुआ खपड़ा या चीनी मिट्टी की नली का एक छोटा सा टुकड़ा भी डाल दो जिस से पानी का उकलना बन्द हो जायगा। Thermometer की घुडी पानी से 2 ग्रा

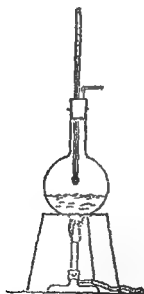
3 cm ऊपर अवश्य रहना चाहिये। पानी को sand bath या wire gauze पर उबालो और thermometer का पारा जिस तापक्रम पर स्थिर हो जाय उसे ध्यान पूर्वक देखो।

भुकी हई नली की क्या आवश्यकता है ?

अपने फल को लिख लो।

प्रयोग १२—यह दिखाना कि क्वथनाङ्क घुले हुए पदार्थ की मात्रा के अनुपात से बढ़ता है।

पिछले प्रयोग में वर्णन किये हुए यन्त्र से काम लो। Flask में नाथ कर 50 cc या 100 cc परिमृत्त पानी



चित्र १

(distilled water) छोड़ दो और उसमें ठीक 10 gm बहुत अधिक घुलनशील कोई एक लवण जैसे Calcium Chloride, Sodium Sulphate या Sodium Nitrate

मिला दो। अब पानी को उबालो और जिस तापक्रम पर thermometer स्थिर हो जाय उसे लिख लो।

ऊपर के प्रयोग को उसी आयतन का पानी लेकर दोहराओ परन्तु अब उसमें उस पदार्थ का 20 gm मिला दो, इसी प्रयोग को फिर तिसरी बार उसी आयतन का पानी परन्तु 30 gm लवण लेकर दोहराओ।

अपने फलों को इस तरह लिखो

शुद्ध पानी का कथनांक

10 gm लवण मिले हुए पानी का कथनांक =	कथनांक में वृद्धि =
20 gm " " " " =	कथनांक में वृद्धि =
30 gm " " " " =	कथनांक में वृद्धि =

इन फलों को दिखाने के लिये एक रेखाचित्र बनाओ।

किसी शुद्ध द्रव पदार्थ का कथनांक स्थिर रहता है

यदि यह यथार्थ हो ठीक है कि पानी में कोई पदार्थ जितनी ही अधिक मात्रा में घुला हुआ रहता है, उसका कथनांक उतना ही ऊँचा होता है तो जब कोई घोल परिमृत किया जाता है उसका कथनांक धीरे धीरे बढ़ जाना चाहिये।

परन्तु यदि कोई शुद्ध द्रव पदार्थ लिया जाय तो उसका कथनांक स्थिर रहेगा। यह एक बहुत ही आवश्यकीय तत्व है क्योंकि इस से हम यह मालूम कर सकते हैं कि कोई द्रव पदार्थ शुद्ध है या नहीं।

प्रयोग १३—यह मालूम करना कि कुछ द्रव पदार्थों में से कौन शुद्ध और कौन घोल हैं ।

तुम्हारे अध्यापक तुम्हें A, B, C, आदि निशान लगे हुए कई द्रव पदार्थ देंगे ।

एक flask लो और पिछले प्रयोग की तरह उसमें काग, thermometer आदि लगा कर झुकी हुई नली को condenser के साथ मिला दो और प्रत्येक द्रव पदार्थ से परिस्रुत पदार्थों को इकट्ठा कर लो ।

जिस तापक्रम पर प्रत्येक द्रव पदार्थ परिस्रुत होता है उसे देखो और यह भी देखो कि यह तापक्रम स्थिर रहता है या धीरे धीरे चढ़ता है ।

इन फलों से तुम क्या क्या सिद्धान्त निकालते हो ?

प्रत्येक परिस्रुत पदार्थ का क्षयनाङ्क निकाल कर परिस्रवण के पहिले के द्रव पदार्थ के क्षयनाङ्क से तुलना कर के अपने सिद्धान्तों को पक्का कर लो ।

(नोट—नमक और पानी, मदिरा और पानी, ether और मदिरा के घोल इस प्रयोग के लिये बहुत उपयोगी मिश्रण हैं । मदिरा और ether मिला हुआ कोई पदार्थ sand bath पर न उबाल कर सदा water bath पर उबालना चाहिये ।)

चौथा अध्याय

मौलिक पदार्थ और यौगिक पदार्थ

मिश्रण और यौगिक पदार्थों में अन्तर तुम पहिले ही देख चुके हो। मिश्रण में मिले हुए मौलिक पदार्थ यान्त्रिक उपायों से अलग किये जा सकते हैं। परन्तु यौगिक पदार्थों में मिले हुए मौलिक पदार्थ यान्त्रिक उपायों से अलग नहीं किये जा सकते हैं। परन्तु, यद्यपि बहुधा यह कठिन होता है तथापि यौगिक पदार्थों में मिले हुए मौलिक पदार्थों को रासायनिक उपायों से अलग कर सकते हैं।

एक उदाहरण लो।

प्रयोग १४—तांबा और गंधक का एक यौगिक पदार्थ बनाना और उस से तांबे को फिर निकाल लेना।

कई टुकड़े तांबे की छोनन लो और इसे पिसी हुई कुछ गंधक के साथ मिला दो जो तोल में तांबे से तीन गुना हो। यह एक यान्त्रिक मिश्रण है। इस मिश्रण को एक छोटो परख नली में रक्खो और कुछ देर तक गरम करते रहो। थोडो देर में तांबा चमकने और जलने लगेगा। सम्भव है कि नली का काच नरम हो जाय परन्तु इस से कोई हानि नहीं है। जब यह “क्रिया” (action) समाप्त हो जाय तो

नली को ठठा होने दो और फिर उसे तोड़ डालो और नली के भीतर जो कुछ वस्तु बची हुई है उसे निकाल कर भली भाँति परीक्षा करो। इसे एक खरल में चूर्ण कर लो। अब तुम्हें इस में ताँबे की छोलन के कोई भी चिह्न नहीं मालूम होंगे। ताँबा और गंधक दोनों ने मिलकर एक नया यौगिक पदार्थ बना लिया है जिसे ताँबे का सल्फ़ाइड (*copper sulphide*) कहते हैं। यह एक रासायनिक यौगिक, (*chemical compound*) है। थोड़ा सा यह पदार्थ ले लो और उसे बारौक पिसे हुए उतने ही कोयले के साथ अच्छी तरह मिला दो। एक टुकड़ा कोयला लेकर उसमें अपने चाकू से 1 cm व्यास और $\frac{1}{2}$ cm गहराई का एक छोटा सा सुराख बना लो। ताँबे का सल्फ़ाइड और कोयले के मिश्रण में से कुछ इस सुराख में रखो और उसे एक फुकनो (*blow-pipe*) से अच्छी तरह गरम करो और जहाँ तक हो सके उसे गरम करते रहो। कुछ मिनट के पीछे कोयले को ठठा होने दो और उसमें बचे हुए पदार्थ को परीक्षा करो। तुम देखोगे कि तुम्हें ताँबा फिर मिल गया है। अर्थात् ताँबा और गंधक के यौगिक में से उसका ताँबा फिर निकाल लिया गया है।

मौलिक पदार्थ—जो पदार्थ रासायनिक या यान्त्रिक उपायों से दो या अधिक भिन्न भिन्न पदार्थों में अलग नहीं किये जा सकते हैं वह मौलिक पदार्थ (*elements*) कहलाते हैं।

इस से यह सिद्धान्त निकलता है कि प्रत्येक यौगिक पदार्थ में कम से कम दो भिन्न भिन्न मौलिक पदार्थ अवश्य विद्यमान होंगे।

अब यह प्रश्न हो सकता है कि हमें यह कैसे मालूम हुआ है कि तांबा एक मौलिक पदार्थ है। इस का उत्तर यह है कि यद्यपि रासायनिक पण्डितों ने तांबे को दो भिन्न भिन्न वस्तुओं में अलग करने की चेष्टा की है तथापि वह कभी इस काम में सफल नहीं हुये हैं, इसी लिये हम इसे एक मौलिक पदार्थ कह सकते हैं।

मौलिक पदार्थ की परिभाषा से एक और सिद्धान्त यह निकलता है कि जब एक मौलिक पदार्थ का किसी दूसरे मौलिक या यौगिक पदार्थ से संयोग होता है तो इस नये यौगिक पदार्थ की कुल मात्रा पहिले के मौलिक पदार्थ की मात्रा से अवश्य अधिक होगी।

प्रयोग १५—यह सिद्ध करना कि तांबा और गंधक के संयोग से जो *copper sulphide* बनता है वह लिये हुये तांबे से भारी होता है।

चीनी मिट्टी की एक छोटी घरिया (crucible) लेकर उसे साफ करो और तोल लो। इस में लगभग आधा gram तांबे की छोलन या चर रखो और फिर तोल लो।

घरिये को लोहे की एक त्रिपाई के ऊपर चीनी मिट्टी को नलो के एक त्रिभुज (pipe-clay triangle) पर रखो। घरिये में आधी gram पिसी हुई गंधक छोड़ दो और फिर उसे देर तक खूब गरम करो। जब क्रिया समाप्त हो जाय तो घरिये को कुछ ठंडा होने दो और फिर उस में थोड़ी पिसी हुई गंधक छोड़ कर गरम करो। इसी तरह एक बार और करो और जब तक गंधक से कुछ भी धुआ निकलता रहे तब तक गरम करते रहो। अब वह सब गंधक निकल गई होगी जो तावे से मिली हुई न थी। घरिये को ठंडा करो और फिर तोलो।

अपने फलों को इस तरह लिखो —

घरिया + तावे की मात्रा	=	gm
घरिये की मात्रा	=	gm
तावे की मात्रा	=	gm (1)
घरिया + copper sulphide की मात्रा	=	gm
घरिये की मात्रा	=	gm
copper sulphide की मात्रा	=	gm (2)
मात्रा को वृद्धि (2) - (1)	=	gm

यदि यह प्रयोग सावधानता से किया जाय तो मात्रा की यह वृद्धि लिये हुये तावे को ठीक आधी होनी चाहिये।

प्रयोग १६—तावे के बदले लोहे का चूर लेकर ऊपर के प्रयोग को दोहराओ।

साधारण मौलिक पदार्थों में से कुछ के नाम नीचे लिखे जाते हैं

गैस	ठोस	द्रव
अक्सीजन (oxygen)	सीसा (lead)	पारा (mercury)
हाइड्रोजन (hydrogen)	तांबा (copper)	
नाइट्रोजन (nitrogen)	लोहा (iron)	
	सोडियम (sodium)	
	मैग्नीशियम (magnesium)	
	जस्ता (zinc)	
	टिन (tin)	

इन में से केवल थोड़े ही मौलिक पदार्थ ऐसे हैं जो स्वतन्त्र रूप में पाये जाते हैं, नहीं तो यह अधिकतर यौगिक पदार्थों ही के रूप में पाये जाते हैं।

प्रश्न

गंधक, तांबा, सीसा, पारा, जस्ता और टिन के उन सब गुणों को लिखो जिन से तुम इन पदार्थों को पहचानोगे।

प्रयोग १७—कुछ विशेष यौगिक पदार्थों की परीक्षा करना और प्रत्येक में से एक एक मौलिक पदार्थ निकालना।

(१) तूतिया (copper sulphate)

(अ) तूतिया के गुणों को लिखो।

रख कर तैरते हुए लकड़ी और घरिये को bell jar से ढक दो। Bell-jar के ढकने को निकाल लो ताकि इसके भीतर और बाहर के पानी की ऊँचाई एक समान हो जाय।

(नोट—Jar के भीतर कई इंच ऊँचा पानी रहना चाहिये क्योंकि गरम होने से हवा फैलेगी और यह बहुत ही आवश्यक है कि हवा बाहर बिलकुल न निकलने पाये)। Jar में जहाँ तक पानी है वहाँ एक निशान बना दो। एक लाल गरम किये हुए तार से फस्फरस को जला दो और फिर तुरन्त bell jar को ढकने से बन्द कर दो। जब गाढ़ा सफेद धुआँ सब बिलकुल साफ हो जाय तो bell jar के भीतर पानी कहाँ तक है देख लो।

सिद्धान्त—जब हवा में फस्फरस जलता है तो उस हवा का कुछ भाग अदृश्य हो जाता है अर्थात् खर्च हो जाता है।

प्रयोग २१—यह मालूम करना कि जब हवा में फस्फरस जलता है तो हवा का कितना भाग खर्च हो जाता है।

पिछले प्रयोग को दोहराओ और फस्फरस को जलाने के पहिले और पीछे bell jar के भीतर पानी के धरातल पर निशान लगा दो। फस्फरस जलाने के पीछे और

पानी के धरातल पर निशान लगाने के पहिले jar को अवश्य ठंढा कर लेना चाहिये। Bell jar का ढकना सम्पूर्ण रूप से वायवागम्य (air tight) होना चाहिये और इस लिये रबड़ का काग सभ से उत्तम होता है।

धरातलों पर निशान लग जाने पर jar को निकाल लो और उसे पहिले निशान तक पानी से भर कर उस पानी का आयतन नाप लो। फिर दूसरे निशान तक भर कर इस पानी का भी आयतन नाप लो। इन दोनों आयतनों का अन्तर उस हवा का आयतन है जो खर्च हो गई है। यह आयतन हवा के कुल आयतन का पाचवां भाग होना चाहिये।

सिद्धान्त—जब फस्फोरस किसी बन्द बरतन में जलता है जिस में हवा हो, तो उस हवा का पाचवां भाग खर्च हो जाता है। बची हुई हवा किसी वस्तु के जलने में सहायता नहीं करती है।

पदार्थों के जलने से उनकी मात्रा में परिवर्तन

जब फस्फोरस हवा में जलता है तो उस हवा का पाचवा भाग अदृश्य हो जाता है। बहुत सा सफेद धुआ बन जाता है परन्तु यह तुरन्त पानी में घुल जाता है और इस लिये हम इसकी परीक्षा नहीं कर सकते हैं। हवा

में फस्फोरस के अतिरिक्त और अन्य पदार्थों के जलने से क्या होता है मालूम करने के लिये आगे चलकर कुछ प्रयोग किये जायेंगे। यह स्पष्ट है कि यदि हवा के कुछ भाग के साथ इन सब पदार्थों का रासायनिक संयोग होता हो तो नया यौगिक पदार्थ तोल में पहिले पदार्थ को अपेक्षा अधिक होगा।

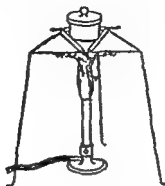
प्रयोग २२—यह दिखाना कि *magnesium* हवा में जलने से तोल में बढ़ जाती है।

एक दूध *magnesium* का फीता काट लो और उसे चिमटे से पकड़ कर जला दो। देखो कि यह बहुत ही उज्ज्वल लौ के साथ जलता है और बहुत ही सफेद धुआँ देता है। यदि हम यह मालूम करना चाहे कि *magnesium* जलने से तोल में बढ़ जाती है या नहीं तो हमें यह सब सफेद धुआँ निकलने न देना चाहिये।

चार या पाँच दूध *magnesium* का फीता लेकर उसे अच्छी तरह लपेट कर एक गोला सा बना लो। चीनी मिट्टी की एक छोटी घरिये को उसके ढकने के साथ चीनी मिट्टी की नली से बने हुए एक त्रिभुज पर रख कर गरम करो जैसा चित्र में दिखाया गया है।

इसे ठंडा होने दो और फिर *magnesium* को उसके भीतर रख दो और फिर *magnesium* और ढकने के साथ

तोल लो। अब घरिये को फिर पांच मिनिट के लिये तेज आंच में गरम करो।



चित्र १२

फिर burner को निकाल कर ठकने को चिमटे से पकड़ कर उठा लो। ठकने को फिर तुरन्त घरिये के ऊपर रख दो और फिर गरम करो। इसी तरह बराबर करते जाओ जब तक सब magnesium न जल जाय।

तुमको इस बात का अवश्य ध्यान रखना चाहिये कि जब तक burner घरिये के नीचे है तब तक उसका ठकना न उठाया जाय, और magnesium अभी तक जल रहा है या नहीं देखने के लिये ठीक जितना समय लगता है उससे थोड़ा भी अधिक समय तक घरिये को खुला न रक्खा जाय।

जब सब magnesium जल चुके तो घरिये को ठंडा होने दो और फिर उसे तोल लो।

यदि यह प्रयोग विशेष सावधानता से किया जाय तो इस में तोल की वृद्धि लगभग 66 फ्री सदी होनी चाहिये।

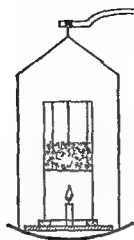
Magnesium की जगह जस्ते के बहुत पतले पत्ते के छोटे छोटे टुकड़ों को लेकर इसी प्रयोग को दोहराओ।

प्रयोग २३—यह दिखाना कि हवा में मोम-बत्ती जलने से तोल में बढ़ जाती है।

जब हवा में कोई मोमबत्ती जलती है तो वह धीरे धीरे छोटी होती हुई अदृश्य हो जाती है और इस लिये यह एक बहुत ही असम्भव बात मालूम होती है कि इसकी तोल में किसी प्रकार की वृद्धि भी हो सकती है।

तुमको पहिले यह अवश्य देखना चाहिये कि मोमबत्ती के जलने से कौन कौन से चीजें पैदा हो जाती है। यह “प्रज्वलन से उत्पन्न पदार्थ” (“products of combustion”) कहलाते हैं। फिर तुम्हें प्रज्वलन से उत्पन्न इन पदार्थों को जमा करने का प्रबन्ध अवश्य करना चाहिये जैसा कि तुमने जलते हुये magnesium से सफ़ेद धुये को जमा कर रखा था।

(१) एक मोमबत्ती जलाकर उसके लौ के ऊपर काच का एक ठठा beaker या बड़ी बोतल पकड़ो। देखो कि काच के ऊपर पानी का एक पतला परत सा थोड़ी हो देर में एक द्रव पदार्थ की बूंद काच पर से टपकने लगती हैं। यह द्रव पदार्थ पानी है।



चित्र १९

(२) एक deflagrating spoon में मोमबत्ती रखो और उसे जला कर हवा से भरे हुए एक jar के भीतर डाल दो। जब मोमबत्ती बुझ जाय तब उसे निकाल लो, jar में थोड़ा सा साफ़ चूने का पानी डाल कर उसे हिला दो। हिलाते ही चूने का पान सफ़ेद हो जाता है।

यह सफ़ेदी carbon dioxide नाम के एक अदृश्य gas के कारण हो जाती है जो मोमबत्ती के जलने से उत्पन्न एक और पदार्थ है।

अब यदि तुम यह निश्चय करना चाहो कि मोमबत्ती के जलने से उसकी तोल में कोई वृद्धि होती है या नहीं तो तुम्हें पानी की भाप और carbon dioxide को जमा कर लेना चाहिये। एक ऐसी चीज भी है कि वह इन दोनों पदार्थों को सोख लेती है। इसे *caustic potash* कहते हैं।

कुछ दिनों के पीछे दोनों नलियों को परीक्षा करो और जो कुछ तुम्हें दिखाई देता हो उसे लिख लो ।

प्रयोग २५—यह दिखाना कि लोहे के चूर से बिना हवा के मोरचा नहीं लग सकता ।

एक flask में कुछ पानी लेकर उसे अच्छी तरह उबाल लो ताकि उसमें से सब बुली हुई हवा निकल जाय ।

एक बड़ी परख नली लो और उसमें कुछ साफ लोहे का चूर रख कर थोड़ा उबाला हुआ पानी छोड़ दो । इसे फिर उबालो ताकि लोहे के चूर में से भी सब हवा निकल जाय, अन्त में परख नली को उबाले हुए पानी से बिलकुल भर कर काग लगा दो ताकि नली में कुछ भी हवा न रहे । एक दूसरी नली में कुछ और चूर बिना उबाले हुए साधारण पानी के साथ मिलाकर रखो । लोहे के चूर को केवल मात्र ठकने के लिये जितना पानी की आवश्यकता हो उसमें केवल उतना ही पानी डालो और नली को काग से बन्द न करो वरन् खुला छोड़ दो । दोनों नलियों को कुछ दिनों के पीछे परीक्षा करो ।

तुम्हें जो कुछ दिखाई देता है उसे लिख लो ।

इन प्रयोगों से सिद्धान्त—लोहे पर मोरचा केवल उसी दर्जा में लग सकता है जब कि वह हवा विद्यमान हो और यह हवा आर्द्र भी हो ।

प्रयोग २६—यह निश्चय पर मोरचा लगाने के समय या नहीं ।

१—प्रयोग २४ में बतलाई हुई gm लोहे के चूर को साफ कर एक पीटली में ठीलाठीला बाध लोहे के चूर को साफ पानी से भिगी धरावर लम्बे एक काच के कलम के बाध दो ।

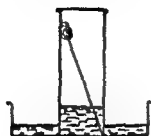
Gas jar को लो और उसे पर उलट दो और काच के कलम jar के भीतर इस तरह रखो कि हुई पैली jar के प्राय ऊपर तक दिनों के लिये इसी तरह छोड़ दो ।

देखो कि jar में पानी चढ़ता चढ़ता हो तो यह हिसाब लगा का कितना भाग खर्च हो जाता है ।

क्या बाकी बचो हुई gas रखीन

Jar के मुह को कांच के एक त उसे पानी में से निकाल लो । अब ते

के ना
।
ता
जा।
रोहि
है मि
बा,
मर बा
रई।
हुए
को
हो
ग से
कुछ



चित्र १४

करो और उसे एक घरिये के ढकने पर रक्खो और उस ढकने को लकड़ी के किसी एक छोटे टुकड़े या काग पर रख दो जैसा कि प्रयोग २० में किया गया था। इसे एक छिछले बरतन में पानी पर छोड़ दो और एक अधी gas jar से ढक दो। दो या तीन दिन के पीछे इसे परीक्षा करो।

Jar में पानी जितना दूर तक चढ़ जाता है उसे पहिले की तरह देख कर लिख लो।

यह निर्णय करो कि बची हुई gas में फस्फरस जलेगा या नहीं।

सिद्धान्त—जब हवा में बस्तुओं पर मोरचा लगता है तो हवा का पाचवा भाग खर्च हो जाता है। और जो हवा रह जाती है वह प्रक्ष्वसन की सहायता नहीं करती है।

प्रयोग २७—यह मालूम करना कि हवा में लोहे पर मोरचा लगने से उस लोहे की तोल बढ़ जाती है या नहीं।

कुछ लोहे का चर पहिले की तरह साफ़ करो। इन्हें

एक छोटी प्याली में रख कर bunsen burner से धीरे धीरे गरम करो जब तक कि सब बिलकुल सूख न जाय। प्याली और लोहे के चूर को ठंडा करो और फिर तोल लो।

लोहे के चूर में कुछ साफ़ पानी छोड़ दो ताकि सब भौग जाय और कुछ दिनों तक लोहे पर मोरचा लगने दो। यदि पानी सूख जाय तो प्रतिदिन थोड़ा थोड़ा पानी छोड़ते जाओ।

जब लोहे पर बहुत सा मोरचा पड़ जाय तो प्याली को फिर गरम करो ताकि सब पानी भाफ़ होकर निकल जाय। अब उसे ठंडा करो और फिर तोल लो।

अपने फलों को इस तरह लिखो :

मोरचा लगने के पश्चिमे प्याली और लोहे के चूर की तोल	=	gm
" " पीछे " " " "	=	gm
तोल में वृद्धि	=	gm

मोरचा लगने और प्रज्वलन में सादृश्य

अब हम देखते हैं कि जब किसी पदार्थ पर मोरचा लगता है तो वह हवा का पाचवा भाग खर्च कर डालता है और तोल में बढ जाता है। और जो हवा पड़ी रहती है उसमें कोई पदार्थ नहीं जलता है। इस लिये, जब किसी पदार्थ में मोरचा लगता है तो उस में ठीक उसी प्रकार के परिवर्तन होते हैं जैसे हवा में जलते हुए कोई पदार्थ में होते हैं।

दोनों हवा के “क्रियाशील भाग” (active part) को खच कर डालते हैं और “निष्क्रिय भाग” (inactive part) को छोड़ देते हैं। दोनों तौल में बढ़ जाते हैं क्योंकि हवा के active part के साथ इनका रासायनिक संयोग हो जाता है।

हवा के इस क्रियाशील भाग (active part) को *oxygen* कहते हैं।

Oxygen के साथ पदार्थों के रासायनिक संयोग से जो नई वस्तुएँ बनती हैं उन्हें *oxides* कहते हैं। लोहे पर जो मोरचा लगता है वह *iron oxide* या *oxide of iron* अर्थात् लोहे का अक्साइड है। Magnesium के जलने से जो सफ़ेद चूर्ण बनता है वह *oxide of magnesium* या *magnesium* का अक्साइड कहलाता है। Phosphorus के जलने से *oxide of phosphorus* अर्थात् फस्फोरस का अक्साइड बनता है।

हवा का निष्क्रिय भाग (inactive part) *nitrogen* कहलाता है।

प्रश्न

तुमसे जहाँ तक हो सके हवा, oxygen और nitrogen के गुणों को लिखो।

छठा अध्याय

अक्सिजन और नाइट्रोजन

अक्सिजन

अब तुम oxygen को विशुद्ध रूप में बनाकर उसके गुणों की परीक्षा करोगे ।

जब पारा हवा में गरम किया जाता है तो oxygen के साथ उसका धीरे धीरे रासायनिक संयोग होता रहता है और पारे का मोरचा या पारे का लाल अक्साइड (Red oxide of mercury) बनता है । यदि यह और अधिक गरम किया जाय तो इससे oxygen फिर निकल आती है और केवल पारा पड़ा रह जाता है ।

प्रयोग २८—पारे के लाल अक्साइड (red oxide of mercury) से oxygen बनाना ।

एक परख नली में पारे का थोड़ा लाल अक्साइड लो । नकडो की एक छोटी खपाची तैयार रखो जो सुलगाये जाने के पीछे लौ बुझाने पर भी कोयले की तरह चमकती रहे । दियासलाई इस काम के लिये ठीक नहीं होंगी क्योंकि यह इस तरह बनाई जाती है कि उनकी लौ बुझाने पर फिर वह न चमके ।

नली को तेज आंच में देर तक गरम करो और oxide के रंग में जो परिवर्तन होते जाते हैं उन्हें देखते रहो । थोड़ी

देर में नली के ठढे भाग पर एक आईना सा बन जायगा। अब खपाची को सुलगा कर उसकी लौ को फूंक कर बुझा दो और चमकती हुई खपाची को नली के भीतर डाल दो। भीतर जाते ही यह फिर लौ के साथ जल उठेगी।

इसका कारण तुम बहुत ही सुगमता से समझ सकते हो। यदि साधारण हवा में, जो कि वास्तव में nitrogen से मिली हुई oxygen है, एक लकड़ी की खपाची जल सकती है तो यह स्पष्ट है कि बिशुद्ध oxygen में वह खपाची और भी अधिक तेज जलेगी।

पारे का लाल अक्साइड एक किमती चीज़ है और इसलिये अधिक मात्रा में oxygen बनाने के लिये यह काम में नहीं लाया जा सकता है।

प्रयोग २६—पोटाशियम क्लोरेट (Potassium Chlorate) से अक्सीजन (oxygen) बनाना।

पारे के अक्साइड के बदले potassium chlorate के कुछ रवे लेकर पिछले प्रयोग को दोहराओ।

देखो कि potassium chlorate पहिले पिघल जाता है और फिर बुदबुदाने लगता है और साथ ही गैस के बुलबुले निकलते रहते हैं। यह गैस oxygen है।

इस प्रयोग के लिये बहुत ही ऊँची तापक्रम की आवश्यकता है, और इसलिये संभव है कि परख नली का

कांच पिघल जाय। इसलिये अधिक मात्रा में oxygen बनाने के लिये यह प्रणाली भी बहुत उपयोगी नहीं है।

प्रयोग ३०—यह दिखाना कि जब *potassium chlorate* से oxygen निकलती है तो वह तौल में कम हो जाता है।

चीनी मिट्टी की एक छोटी घरिया और ढकना लेकर साफ करो और burner के ऊपर गरम करो। फिर ठंडा करो और तौल लो।

घरिये में लगभग पांच ग्राम *potassium chlorate* रखो और फिर तौल लो।

अब घरिये को लोहे की तिपाई (tripod stand) पर रख कर पहिले धीमी और अन्त में ज़ह्रा तक ह्मी सके तेज़ आंच में कुल १५ मिनट तक गरम करो। फिर ठंडा करो और तौल लो।

अपने फलों की इस तरह लिखो —

घरिया + ढकने की मात्रा = gm

घरिया + ढकना + *potassium chlorate* की

मात्रा (गरम करने के पहिले) . = gm

घरिया + ढकना + *potassium chlorate* की

मात्रा (गरम करने के पीछे) ... = gm

Potassium chlorate की मात्रा (गरम

करने के पहिले)

Potassium chlorate को मात्रा (गरम

करने के पीछे) ... = gm

मात्रा में कमी . = gm

प्रयोग ३१—अधिक परिमाण में *oxygen* बनाना ।

१—कुछ मोटे पिसे हुए potassium chlorate को बारीक पिसे हुए इस परिमाण काले oxide of manganese के साथ अच्छी तरह मिला दो कि कुल मिश्रण काले रंग का हो जाय ।

इसमें से थोड़ा सा मिश्रण लेकर एक परख नली में गरम करो । देखो कि अब न तो potassium chlorate पिघलता है और न तो नली बहुत गरम ही होती है और फिर भी *oxygen* बराबर निकलती जाती है ।

Manganese dioxide इस क्रिया में एक प्रकार सहायता करता है जो तुम्हें इस समय समझने की कोई आवश्यकता नहीं है, परन्तु स्वयं यह किसी प्रकार से नहीं बदलता है ।

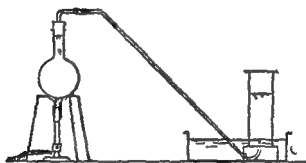
Manganese dioxide और potassium chlorate के इस मिश्रण को "*oxygen mixture*" कहते हैं ।

२—कठिन काच या ताँवे का एक flask* (या चौड़ी

* नोट—ताँवे का flask या नली, जो *oxygen* बनाने के लिये तैयार की जाती है बाजार में भी बन सकती है, इसमें काँच के flask से दाम भी कम लगेंगे और यह स्थायी भी अधिक होगी ।

नली) लेकर उसमें ठीक नाप का एक काग लगा दो । काग में छेद करो और उसमें एक झुकी हुई delivery tube लगा दो जैसा कि चित्र में दिखाया गया है ।

Delivery tube इतनी लम्बी होनी चाहिये कि वह pneumatic trough तक पहुँच जाय, और झुके हुए भाग लगभग ३ इंच लम्बे होने चाहिये ।



चित्र १५

काच की नली से flask के भीतर फूँक कर यन्त्र को परीक्षा कर के देखो कि वह वायवागम्य (air-tight) है या नहीं ।

किसी दशा में भी ऐसे यन्त्र को जो air tight नहीं है, कागज, मोम या और कोई वस्तु से जोड़ कर काम में नहीं लाना चाहिये । यदि काग flask के मुँह पर अच्छी तरह नहीं बैठता है अथवा उसका छेद भट्टी या अशुद्ध रीति से किया गया है तो तुम्हें एक दूसरा काग लेकर ठीक रीति से छेद करके लगा लेना चाहिये ।

यन्त्र तैयार हो जाने पर काग निकाल कर flask में

लगभग 15 grams "oxygen mixture" छोड़ दो।
4 litres oxygen बनाने के लिये यह यथेष्ट होगा।

अब काग को फिर flask के मुँह पर बैठा दो। देख लो कि delivery tube का सिरा trough में पानी के नीचे रहे। Flask को गरम करो। पहिले तो हवा फैलेगी और delivery tube के रास्ते से निकलती रहेगी। फिर oxygen निकलने लगेगी और हवा के साथ मिल कर बाहर आती रहेगी। अन्त में जब सब हवा निकल जायगी तो तुम्हें विशुद्ध oxygen मिलेगी।

ज्योंही gas के बुलबुले delivery tube से निकलने लगें त्योंही एक test tube पानी से भर कर delivery tube के मुँह के ऊपर उलट कर रखो। पहिले के प्रयोगों की तरह एक जलती हुई खपाची लेकर देखो कि जो gas तुमने test tube में इकट्ठी की है उसमें यह लौ के साथ फिर जल उठती है या नहीं। यदि ऐसा नहीं होता है तो फिर test tube में उसी तरह gas भर कर परीक्षा करो। जब खपाची फिर लौ के साथ जले तो निकलती हुई oxygen को gas jars में एक एक करके ठीक उसी तरह भरते जाओ जैसा कि तुमने test tube में भरा था। ऐसा भरने के लिये प्रत्येक jar को पहिले पानी से भर कर delivery tube के मुँह के ऊपर उलट दो। सुगमता के लिये प्रायः trough में shelf रखा जाता है जिस पर jar खड़ा रह सके। इसके बीच में एक सुराख होता है और delivery tube का मुँह इस सुराख के नीचे रखा जाता है।

पाच या छै jars में oxygen भरो। जैसे ही प्रत्येक jar भरता जाय वैसे ही उसके मुह पर पानी के भीतर ही कांच का एक टुकना सरका दो। फिर तुम उसे trough से निकाल कर एक तरफ रख दे सकते हो जब तक तुम्हें उसकी कोई आवश्यकता न पड़े।

Burner को बुझाने के पड़िले ही delivery tube को पानी से निकाल लो। ऐसा करना क्यों आवश्यक है ?

Gas भरने या इकट्ठा करने की इस प्रणाली को 'displacement of water' कहते हैं। हल्की गैस पानी के भीतर से होती हुई ऊपर की ओर उठती आती है और पानी को नीचे की ओर दबाती जाती है।

प्रयोग ३१ क्रमशः—Oxygen गैस के गुण।

१—गैस के रंग, गन्ध और स्वाद को देखो।

२—एक छोटे कोयले के टुकड़े को तार से deflagrating spoon में बांध दो, एक bunsen शिखा पर उसे गरम करके कोयले को जलाओ और oxygen से भरे हुए एक jar में डाल दो। अपने अनुभवों को लिख लो।

जब कोयले का जलना बन्द हो जाता है तो jar के मुह की कांच के एक टुकने से ढक दो। कुछ litmus का घोल लाकर थोड़ा सा इस jar में छोड़ दो। Jar को हिला दो। Litmus के घोल में रंग का कोई परिवर्तन होता है या नहीं देखो।

३—Deflagrating spoon में गन्धक का एक छोटा टुकड़ा रखो। इसे जला कर oxygen के एक jar में डाल दो। फिर jar में जो कुछ बच रहे litmus के घोल पर उसकी क्रिया को देखो। Jar में जो gas रह जाती है उसकी गन्ध को सूँघो। क्या यह हवा में जलती हुई गन्धक की गन्ध से कुछ मिलती है? अपने अनुभवों को तुरन्त लिख डालो।

४—गन्धक की जगह फस्फरस लेकर पिछले प्रयोग को दोहराओ। आधे मटर के आकार का एक छोटा फस्फरस का टुकड़ा लेना चाहिये। धूँयें को ध्यान से देखो। इसकी थोड़े पानी के साथ हिला लो। देखो कि वह घुल जाता है। Litmus पर इस घोल की क्रिया की परीक्षा करो।

५—दो इंच लम्बा magnesium का तार या फीता लो और उसे deflagrating spoon में बांध दो, जिसे प्रत्येक प्रयोग के पीछे अच्छी तरह साफ़ कर लेना चाहिये। Magnesium को जला कर oxygen के एक jar में डाल दो। देखो कि एक सफ़ेद चूर्ण सा बन गया है। इसे litmus solution के साथ हिला दो। अपने अनुभवों को लिख डालो।

६—सूखा sodium का एक छोटा टुकड़ा लेकर पिछले प्रयोग को दोहराओ। धूँयों को पानी में मिला दो और litmus पर इस घोल की क्रिया को परीक्षा करो।

(सोडियम का अक्सिजन के साथ बहुत ही तुरन्त

रासायनिक संयोग हो जाता है और इसी लिये यह मिट्टी के तेल के भीतर रक्खा जाता है ताकि इसके पास oxygen न पहुँच सके। इसमें से छोटा एक टुकड़ा काटने के लिये इसे चिमटा द्वारा बाहर निकाल कर सूखी ब्राइटिंग कागज पर रक्खा जाता है। चाकू से एक छोटा टुकड़ा काट कर बड़े टुकड़े को फिर बोतल में रख दिया जाता है। छोटे टुकड़े की ब्राइटिंग कागज पर तुरन्त दबा कर चमचे में रख दिया जाता है। Sodium को कभी हाथ से छूना नहीं चाहिये और न पानी या नमी से जगा कर रखना चाहिये।)

७—बहुत ही महीन एक लोहे का तार लो। इसके एक सिरे की थोड़ी सी पिघली हुई गन्धक में डाल कर गन्धक को जला दो। फिर तार को इसमें से निकाल कर oxygen के एक jar में डाल दो। जब गन्धक जल चूके तो लोहा जलने लगेगा। जलने के अन्त में जो कुछ रह जाय उसे परीक्षा करो।

Oxygen पर इन प्रयोगों से निकाले हुए सिद्धान्त

अब तक तुमने जो कुछ किया है उसका एक सचित्त वर्णन तुम्हें अब अपनी भाषा में लिख डालना चाहिये।

तुम्हारे विचार में विशुद्ध oxygen का कोई स्वाद, रंग या गन्ध होना चाहिये या नहीं लिखो। क्या हवा का भी है ?

तुम्हारे विचार में क्या प्रज्वलन में oxygen हवा से भी अधिक सहायता देती है ? यदि ऐसा ही है तो इसका कारण क्या है ?

ऐसी वस्तुओं के नाम लो जो oxygen में जलती हैं परन्तु साधारण हवा में नहीं जलती हैं ।

जो वस्तुयें oxygen में जलती हैं और जिनके प्रज्वलन से उत्पन्न पदार्थ लाल litmus को नीला कर देते हैं उनकी एक तालिका बनाओ और जिनके प्रज्वलन से उत्पन्न पदार्थ नीले litmus को लाल कर देते हैं उनको भी एक अलग तालिका बनाओ ।

कार्बन (carbon), लोहा, फस्फरस (phosphorus), गन्धक और magnesium सब मूल पदार्थ हैं । जब यह oxygen में जलते हैं तो इनसे क्या क्या बन जाता है ?

अम्ल और क्षार

पिछले प्रयोग में तुमने बहुत से अम्ल बनाये हैं जिनमें से कोयला, फस्फरस और गन्धक के अम्ल litmus को लाल कर देते हैं और बाकी दो sodium और magnesium के अम्ल litmus को नीला कर देते हैं ।

जो पदार्थ litmus को लाल कर देते हैं उन्हें अम्ल (acids) कहते हैं, और जो पदार्थ litmus को नीला कर देते हैं उन्हें क्षार (alkalis) कहते हैं ।

तुम देखोगी कि धातुओं के अम्ल पानी में घुल जाने

पर चार (alkalies) हो जाते हैं। अधातुओं के अक्सेड अम्ल (acids) होते हैं।

जो पदार्थ पानी में नहीं घुलते हैं और इस लिये litmus पर किसी प्रकार का प्रभाव नहीं डाल सकते हैं उन्हें (neutral) कहते हैं।

पिछले एक पाठ में (पृष्ठ ५८) तुमने धातु और अधातु के विषय में कुछ पढ़ा था परन्तु इनमें एक बड़ा प्रधान अन्तर यह है कि धातुओं के अक्सेड पानी में घुल जाने पर हमें सदा चार (alkalies) देते हैं और अधातुओं के अक्सेड अम्ल (acids) देते हैं।

धातुओं के अक्सेड कभी कभी भस्म (bases) कहलाते हैं। भस्म के साथ अम्ल का रासायनिक संयोग होकर लवण (salts) बनते हैं।

नाइट्रोजन

तुम पहिले ही देख चुके हो कि nitrogen का कोई रंग नहीं होता है और यह किसी पदार्थ के जलने में सहायता नहीं करेगी। आधुनिक विचार से यह हवा का $\frac{1}{5}$ भाग है। चूँकि हवा का कोई स्वाद या गन्ध नहीं है इस लिये तुम इससे समझ सकते हो कि oxygen की तरह nitrogen का भी कोई स्वाद या गन्ध नहीं है।

Nitrogen में लोहे पर मोरचा नहीं लगेगा और फस्फरस इसमें नहीं जलेगा। Nitrogen एक बहुत ही

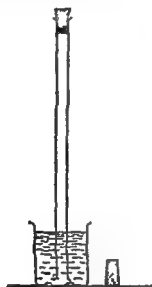
निष्क्रिय (inactive) gas है और किसी वस्तु के साथ इसका यौगिक पदार्थ बनाना अत्यन्त कठिन है। परन्तु यह एक बहुत ही आवश्यकीय और उपयोगी वस्तु है। इसका एक प्रधान काम यह है कि हवा में oxygen के साथ मिले रहने से यह उसकी तेजी को कम कर देती है ताकि चीजें बहुत शीघ्र जल न जाय।

Nitrogen हवा के अतिरिक्त अन्य पदार्थों में भी पाई जाती है। हवा में oxygen के साथ nitrogen रासायनिक विधि से संयुक्त नहीं है वरन् केवल यान्त्रिक विधि से मिश्रित है, परन्तु बहुत लवण ऐसे हैं जैसे potassium nitrate जिनमें nitrogen एक धातु और oxygen के साथ रासायनिक विधि से संयुक्त है। यह सब लवण खाद के रूप में और बारूद आदि बनाने के लिये बहुत उपयोगी हैं। सब प्रकार के उद्भिज और जन्तुओं के लिये nitrogen एक बहुत ही आवश्यकीय वस्तु है परन्तु वह इसे सीधा हवा से नहीं ले सकते हैं और इस लिये उनको यह किसी दूसरे प्रकार से लेना पड़ता है, जैसे उद्भिजों के लिये खाद के रूप में और जन्तुओं के लिये खाद्य द्रव्य के रूप में।

प्रयोग ३२—हवा में nitrogen का परिमाण शुद्धता के साथ ठीक ठीक निकालना।

(यह प्रयोग स्वयं अध्यापक को lecture room में करना चाहिये)।

जब कोई चार जैसा caustic soda, pyrogalllic acid के एक तेज घोल में मिलाया जाता है तो यह मिश्रण oxygen को खींच लेता है। इस प्रयोग में हम इस गुण से काम लेते हैं। लगभग 80 cm लम्बी और 1.5 cm या 2 cm व्यास की एक काच की नली लो। एक सिरे को आच में



चित्र १६

गरम करके या रबड़ की काग से बन्द कर दो। लगभग 4 grams pyrogalllic acid को 20 c c पानी में मिला दो और यह घोल खुले हुए मुँह के रास्ते से नली के भीतर डाल दो। फिर इसमें ठोस caustic potash का एक छोटा सा कलम छोड़ दो और तुरन्त नली के खुले हुए सिरे को बन्द कर दो।

नली में जहा तक घोल है वहा पर एक निशान लगा दो और उसमें हवा के स्तम्भ की लम्बाई को नाप लो (१)

अब नली को पाच मिनट तक अच्छी तरह हिलाओ ।

नली के काग को एक बरे gas jar में पानी के भीतर निकाल लो ।

पानी नली के भीतर ऊपर की ओर चढ जायगा । जहा तक पानी चढ गया है वहा पर निशान लगा दो, परन्तु इस बात का ध्यान रहे कि नली के भीतर और बाहर पानी एक ही उंचाई पर रहे ।

नली में बची हुई gas (nitrogen) के स्तम्भ की लम्बाई नाप लो । (२)

Pyrogallic acid जितना oxygen सोख लिया है उसके स्तम्भ की लम्बाई (१) और (२) के अन्तर के बराबर है ।

अपने फलों को इस तरह लिखो

हवा के स्तम्भ की लम्बाई

Nitrogen के स्तम्भ की लम्बाई

Oxygen के स्तम्भ की लम्बाई जो सोख ली गई है

हवा में nitrogen का प्रति शत भाग

सातवां अध्याय

पानी

तुम पहिले ही देख चुके हो कि लोहे पर मोरचा ऐसे पानी में नहीं लगता है जिसमें से हवा उबाल कर निकाल दी गई है। अब तुम्हें यह देखना चाहिये कि पानी की भाप पर कोई और मूल पदार्थों की किसी प्रकार की रासायनिक क्रिया होती है या नहीं।

तुम्हारा उद्देश्य अब यह निश्चय करना है कि पानी मूल पदार्थ है या मिश्रण या यौगिक पदार्थ, और यह कि यदि यह मिश्रण या यौगिक पदार्थ है तो इसमें क्या क्या पदार्थ सम्मिलित हैं।

प्रयोग ३३—पानी पर *sodium* की क्रिया की परीक्षा करना।

१—Sodium का एक बहुत छोटा सा टुकड़ा लगभग गेहूँ के एक दाने के बराबर काट कर ठंडे पानी से भरे हुए एक बरतन में डाल दो। जो कोई क्रिया होती हो उसे ध्यान से देखो और जब यह बन्द हो जाय तो पानी में थोड़ा सा litmus का घोल डाल दो। अपने अनुभवों को लिख लो।

२—एक बरतन पानी तैयार रखो और कई बड़े बड़े test tubes पानी से भर कर उस बरतन में उलट दो।

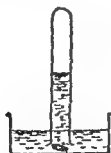
5 cm भुजा के वर्गाकार एक बहुत बारीक तार की जाली लो और उसे एक काच की नली पर लपेट कर एक खीखला बेलन सा बना लो। इस बेलन के एक सिरे को पहिले चिमटे से दबा कर और फिर मोड़ कर बन्द कर दो। अब मटर के बराबर sodium का एक टुकड़ा इसमें डाल दो और जाली के बेलन के दूसरे सिरे को भी बन्द कर दो।

बेलन को पानी में छोड़ दो। Sodium अब पानी में तैर नहीं सकता है। पहिले की भरी हुई नलियों में से एक नली को जाली के ऊपर उलट दो और जो gas निकलती है उसे इकट्ठा करो।

(अ) इस gas की गन्ध, स्वाद और रंग की परीक्षा करो।

(ब) क्या यह gas जलती है ?

अपने अनुभवों को लिखो।



चित्र १०

निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर लिखो :—

१—Sodium एक मूल पदार्थ है, क्या यह gas sodium से निकल सकती है ? यदि नहीं, तो यह कहा से आई होगी ?

२—जो कुछ तुम्हें अब तक मालूम हुआ है उससे बताओ कि यह gas किस बात में oxygen के सदृश है और किस बात में उससे भिन्न है ।

३—यदि यह gas पानी से आती है तो क्या पानी एक मूल पदार्थ है ?

प्रयोग ३४*—*Magnesium* पर पानी की भाष्प की क्रिया ।

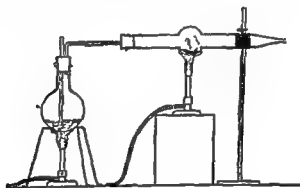
एक यन्त्र जैसा कि चित्र में दिखाया गया है तैयार करो । इसमें एक flask है जिस में दो नलियाँ लगी हुई हैं, इनमें से एक नली सीधी है और flask के पेंदे तक चली गई है, यह एक safety valve का काम करती है अर्थात् यदि flask के भीतर भाष्प बहुत जमा हो जाय तो उसके दबाव से पानी इस नली के रास्ते से बाहर निकल आयेगा । और इस तरह flask के टूटने का कोई डर न रहेगा, दूसरी नली एक समकोण में झुकी हुई है । यह झुकी हुई नली रबड़ की एक छोटी नली द्वारा काच की एक दूसरी नली के साथ मिला दी गई है जो काच की चौड़ी नली के काग के भीतर से होकर थोड़ी दूर तक चली गई है । चौड़ी नली में इस काग के पास glass wool या asbestos की एक ठेपी लगा दी जाती है । यह ठेपी लगाने का अभिप्राय यह है कि यदि थोड़ा भी पानी नली के

* नोट—यह प्रयोग अध्यापक की स्वयं lecture room ॥ करना चाहिये ।

भीतर आता हो तो यह उसे रोक दे और केवल भाप ही को चौड़ी नली के भीतर जाने दे। चौड़ी नली की लम्बाई लगभग 20 cm होनी चाहिये और उसके एक सिरे को खींच कर एक टोंटी बना लेना चाहिये और यह नली कठिन काच की होनी चाहिये।

Flask में कुछ पानी छोड़ दो और चौड़ी नली के मध्य भाग में लगभग 10 या 12 cm लम्बा magnesium का फ़ीता एक गोले के आकार में लपेट कर रखो।

देख लो कि सब जोड़ वायवागम्य (air-tight) तो है।



चित्र १८

पानी को धीरे धीरे उबालो, और ज्योंही भाप टोंटी से निकलने लगे नली को उस स्थान पर गरम करो जहाँ पर magnesium रक्खा हुआ है। Burner को थोड़ा थोड़ा इधर उधर हटाते रहो ताकि नली किसी एक स्थान पर बहुत अधिक गरम न हो जाय।

Magnesium का रंग धीरे धीरे सफ़ेद होना आरम्भ होगा, सम्भव है कि यह सुलग कर जलने लगे। जब

यह जलने लगे तो एक जलती हुई दियासलाई टोटो के पास लाओ।

अपने सब अनुभवों को लिखते जाओ।

निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दो—

१—नली के भीतर के सफ़ेद पदार्थ का उस सफ़ेद पदार्थ से किस प्रकार का सादृश्य है जो magnesium को हवा में जलाने से पाया जाता है ?

२—क्या litmus पर इस सफ़ेद पदार्थ की क्रिया ठीक उसी प्रकार की होती है ?

३—यदि यह दोनों एक हो पदार्थ हैं तो पानी की भाफ़ में कौन सा मूल पदार्थ अवश्य होना चाहिये ?

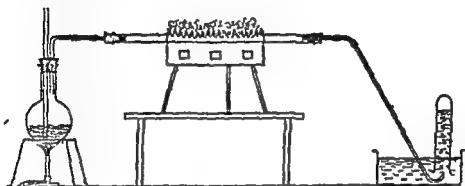
प्रयोग ३५*—लोहे के चूर्ण पर पानी की भाफ़ की क्रिया।

2½ फूट लम्बाई और ½ या ¾ इंच व्यास का एक लोहे का बना हुआ गैस या पानी का नल लो। इसके प्रत्येक सिरे में एक एक काग़ अच्छी तरह कस कर लगा दो और उनमें काच की नली जाने के लिये छिद कर दो।

इस नल के एक सिरे को पिछले प्रयोग के flask के साथ मिला दो और दूसरे सिरे को एक delivery tube से मिला दो जिसका मुँह एक pneumatic trough में पानी के भीतर रक्खा हुआ हो। नल के मध्य भाग के नीचे एक

* नोट—यह प्रयोग lecture room में अध्यापक की करना चाहिये।

अगेठी में कोयला जला दो, अब तुम्हारा यन्त्र ठीक चित्र की तरह बन जायगा। अगेठी को एक छोटी बेंच या इटों पर रख कर अपने आवश्यक के अनुसार ऊंचा कर सकते हो।



चित्र १८

देखो कि यन्त्र वायवागम्य (air tight) तो है।

अब लोहे के नल से काच की नलियों को निकाल लो और उसके भीतर बीच में कुछ लोहे का चूर रख दो। यह भीतर काच की कलम से पहुँचाये जा सकते हैं परन्तु तुम्हें इस बात का विशेष ध्यान रखना चाहिये कि यह बहुत कस कर न भरे जाय। तुम 20 से 30 gm तक चूर भर सकते हो।

अब फिर लोहे के नल में काच की नलियों को लगा दो। नल की बीच में खूब गरम करो और पानी को उबालो।

जितनी भाप नल के भीतर से होकर बिना किसी परिवर्तन के निकल आती है वह सब trough के पानी में पहुँच कर पानी के रूप में जम जाती है। जो कुछ gas

पानी को हटा कर निकलती हुई मालूम होती है उसे बड़े बड़े test tubes में इकट्ठा करो।

Gas की परीक्षा करो और अपने अनुभवों को लिखते जाओ।

(१) क्या इसका कोई रंग, स्वाद या गन्ध है ?

(२) क्या यह जलती है ?

पानी का उबलना बन्द करने के पहिले ही delivery tube को trough में से निकाल लो। (क्यों ?)

लोहे के नल को खोल दो और उसे ठठा होने दो।

ठठा होने पर लोहे के चूर को हिला कर निकाल लो।

इनमें क्या परिवर्तन हो गया है ? क्या यह मोरचा लगे हुए लोहे के चूर की तरह मालूम होते हैं ?

इन प्रयोगों से निकले हुए सिद्धान्त

अन्त के तीन प्रयोगों से तुम्हें यह मालूम हो गया है कि पानी या भाफ पर sodium, magnesium या लोहा तीन भिन्न भिन्न मूल पदार्थों की एक ऐसी क्रिया हो सकती है जिस से oxygen या nitrogen से सम्पूर्ण भिन्न प्रकार की एक नई gas पैदा हो जाती है। तुम यह भी देख चुके हो कि इन मूल पदार्थों में कुछ परिवर्तन हो जाते हैं और यह मालूम होता है कि पानी के साथ इनके रासायनिक संयोग से ठीक वही पदार्थ बन जाते हैं जो कि उनके oxygen में जलने से बनते हैं। इस से यह एक सम्भवपर

बात मालूम होती है कि पानी में कम से कम दो gases हैं (यदि इस से अधिक नहीं) जिनमें से एक वह gas है जो जलती है और दूसरी oxygen है । जो gas जलती है उसके विषय में अब और भी बातें बताई जायेंगी । इसका नाम हाईड्रोजन (*hydrogen*) है । इसके विषय में सब बातें पढ़ लेने के पीछे तुम्हें यह देखना होगा कि पानी इन्हीं दो gases से बना हुआ है या नहीं ।

आठवां अध्याय

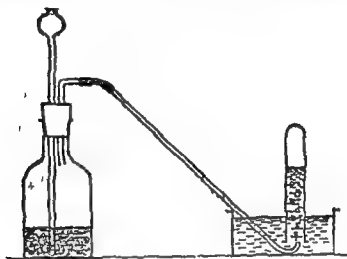
हार्डड्रोजन

प्रयोग ३६—हार्डड्रोजन बनाना और उसके गुणों की परीक्षा करना ।

400 cc आयतन की एक मजबूत बोतल लो और उसमें एक अच्छी काग ठीक प्रकार से लगा दो। काग इतनी बड़ी होनी चाहिये कि साधारण ब्यासे की दो कांच की नलिया उसमें लगाई जा सकें, और यह बहुत आवश्यक है कि बोतल में यह ठीक ठीक बैठ जाय और हवा के आने जाने के लिये कोई छेद न रहे। काग में एक thistle funnel और समकोण में झुकी हुई एक छोटी नली लगाओ और इसको रबड़ की एक नली के द्वारा एक delivery tube से मिला दो जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। परीक्षा करके देख लो कि यन्त्र सम्पूर्ण रूप से वायवागम्य (air-tight) है या नहीं। बोतल के भीतर जस्ते के छोटे छोटे टुकड़े (granulated zinc) इतने डाल दो कि उसका पेंदा बिल्कुल ढक जाय। Delivery tube के सह को पानी से भरे हुए एक pneumatic trough में रखो।

बोतल में इतना पानी डाल दो कि जस्ते के टुकड़े डूब रहें और thistle funnel को नोचे की ओर दवा दो ताकि

नीचे का सिरा पानी के भीतर चला जाय। फिर बोतल में थोड़ा सा गन्धकाम्ल (dilute sulphuric acid) धीरे धीरे छोड़ते जाओ जब तक कि gas तेजी से न निकलने लगे।



चित्र २०

इस बात का विशेष ध्यान रखो कि यन्त्र के निकट किसी प्रकार की आग या कोई और जलती हुई वस्तु न हो, नहीं तो कुल यन्त्र घोर शब्द के साथ फट जायगा और सम्भव है कि, भयानक हानि पहुंचाये।

पानी से भरे हुए एक test tube में पानी को हटा कर यह gas इकट्ठा करो। इस नली के मुँह को अपने अगूठे से बन्द करके यन्त्र से कम से कम एक गज दूरी पर ले जाओ और उसके पास एक जलती हुई दियासलाई लाओ। यदि इस gas के जलने में थोड़ा भी शब्द हो तो फिर एक और

test tube भर कर परीक्षा करो। जब gas के जलने में और कुछ भी शब्द नहीं होता है बरन् चूपचाप धीरे धीरे नोली शिखा देती हुई जलती रहे तो displacement of water से ४ या ५ gas jars भर लो। पानी के भीतर ही प्रत्येक jar के मुह को कांच के ढकने से ढक दो और मेज पर उलट कर रख दो। यदि hydrogen बहुत धीरे धीरे निकलती हो तो थोड़ा acid और छोड़ दो। सब gas jars को भर लेने पर एक soda water की बोतल को भी इसी प्रकार gas से आधी भर लो और उसे मुह पर काग लगा कर बन्द कर दो।

१—Soda water की बोतल में से कुल पानी को बाहर निकल जाने दो और उसकी जगह हवा को भीतर आने दो। बोतल को फिर काग से बन्द कर दो और उसे एक भाड़न में लपेट लो। अब काग निकाल कर बोतल के मुह को एक burner की शिखा के निकट लाओ।

एक अति भयानक शब्द होगा। चूंकि इसमें बोतल के फट जाने का डर रहता है इस लिये बोतल के मुह को तुम्हारे साथ के किसी विद्यार्थी की ओर न रखना चाहिये।

२—एक jar को मेज पर मुह की ऊपर करके रखो और उसके पास एक जलती हुई दियासलाई लाओ।

कांच के टुकने को निकाल कर तुरन्त gas को जला दो।
देखो कि यह धीरे धीरे नीली लौ के साथ जलती है।



चित्र २१

३—Hydrogen से भरा हुआ एक jar लेकर उसे मुह ऊपर करके रखो। इसके कांच के टुकने को निकालने के पहिले इसके ऊपर हवा से भरा हुआ एक jar रखो जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। फिर कांच के टुकने को धीरे से खींच कर निकाल लो और फिर कर्द से कण्ड के पीछे प्रत्येक jar के gas को परीक्षा करके देखो कि जलाने पर यह चुपचाप जलती रहती है या कोई शब्द होता है।

४—एक मोमबत्ती लेकर उसे एक लम्बा, मोटा तार या लकड़ी के डण्डे में बांध लो। मोमबत्ती को जला कर hydrogen के एक jar में जिसका मुह नीचे रहे ले जाओ। देखो gas जलती है। क्या मोमबत्ती भी जलती है ? क्या hydrogen प्रज्वलन की सहायता करती है ?

५—Litmus के द्वारा एक jar की gas की परीक्षा करो और देखो कि यह acid है या neutral है या alkaline है ।

६—जिस बोतल में से hydrogen निकलतो थी उसमें बचा हुआ द्रव पदार्थ को एक छोटी प्याली (evaporating dish) में उड़ेल कर आंच पर रखो और भाप बन कर उड़ जाने दो जब तक कि द्रव पदार्थ के किनारे पर रवे न जमने लगे । फिर उसमें थोड़ा सा पानी छोड़ दो और अच्छी तरह चला कर एक छोटे beaker में छान लो । द्रव पदार्थ को अब रख छोड़ो ताकि उससे रवे बनते रहें । रवों को निकाल कर दो छत्रे कागजों के बीच में रख कर दबाते रहो । जब वह बिल्कुल सूख जाय तो उनको परीक्षा करके देखो कि उनमें रवे का पानी (water of crystallization) है या नहीं ।

यह जस्ते के sulphate या zinc sulphate के रवे हैं ।
 $\text{Sulphuric acid} + \text{zinc} = \text{sulphate of zinc} + \text{hydrogen}$
 Hydrogen gas के गुणों को लिखो ।

प्रयोग ३७—यह निर्णय करना कि जब hydrogen हवा में जलती है तो क्या पदार्थ बन जाता है ।

इस प्रयोग को आरम्भ करने के पहिले विचार कर लो कि hydrogen के विषय में तुमको क्या क्या बातें पहिले से

मालूम है। तुम देख चुके हो कि hydrogen पानी से प्राप्त हो सकती है और यह कि सम्भवतः पानी में oxygen भी विद्यमान है।

तुम ने यह भी देखा है कि जब हवा में पदार्थ जलते हैं तो oxygen के साथ उनका रासायनिक संयोग हो जाता है, इस लिये हम यह कह सकते हैं कि जब hydrogen हवा में जलती है तो oxygen के साथ इसका भी रासायनिक संयोग हो जाता है।

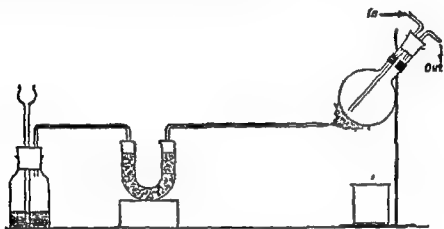
इस लिये यह बहुत ही संभव है कि जब सूखी hydrogen जलती है तो इस से पानी की भाष्प बन जाती है। इस प्रयोग से तुम्हें यह बात ठीक ठीक मालूम हो जायगी।

Hydrogen बनाने की बोतल में काग, कीप और भूकी हुई नली ठीक उसी तरह लगा दो जैसा कि तुमने पिछले प्रयोग में किया था। Flask के एक तरफ की भूकी हुई नली को एक चौड़ी नली या एक U नली के साथ मिला दो जिसमें कि ताजा जलाया हुआ calcium chloride भरा हुआ हो। यह calcium chloride hydrogen को सूखाने के लिये है। (Calcium chloride नमी को बहुत तेजी के साथ खींच लेता है)।

Calcium chloride की नली के साथ एक और भूकी हुई नली लगा दो जिसके दूसरे सिरे में एक टोटी बनी हुई हो जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।

Hydrogen के यन्त्र के निकट एक stand में एक flask

लटका कर तैयार रखो, इस flask में दो छेद का एक काग और दो नलिया ऐसी लगा दो कि इनमें से एक तो flask के पेंदे तक पहुच जाय और दूसरी काग के भीतर होकर केवल थोड़ी ही निकली हुई रहे। सब जोड सम्पूर्ण रूप से air-tight अवश्य होना चाहिये।



चित्र २२

लम्बी नली को रबड* की नली द्वारा पानी के नल के साथ मिला दो और छोटी नली में एक दूसरी रबड की नली लगा कर उसे पानी बह जाने की नाली तक रख दो। पानी के नल को थोड़ा सा खोल दो। इस तरह ठंडा पानी flask के भीतर से होता हुआ धीरे धीरे बहता रहेगा।

यन्त्र को फिर अच्छी तरह देखभाल लो कि सब ठीक है या नहीं। जस्ते पर कुछ dilute sulphuric acid छोड़

* नोट—रबड के एर्ष को बचाने के लिये रबड के दो जोड़ों के बीच में कांच की एक लम्बी नली लगा कर भी काम किया जा सकता है।

दी। देखो hydrogen निकलने लगती है। एक साफ़ और सूखी परख नली लेकर टोंटी के ऊपर रखो। इसे वहाँ एक मिनट तक रखो और फिर मुँह को अंगूठे से बन्द करके burner को शिखा के निकट लाओ।

ऐसा करने पर यदि कोई शब्द होता हो तो इसे फिर करो और दोहराते रहो जब तक कि तुम परख नली में ऐसी gas न भर सको जो उसमें चुपचाप धीरे धीरे जल सके।

Gas भरने की इस रीति को "*by upward displacement of air*" कहते हैं।

जब तुमने नली में ऐसी gas भर ली है जो धीरे धीरे जलती है तो उस जलती हुई gas को टोंटी के पास ले जाओ और इसके द्वारा टोंटी से निकलती हुई gas को जला दो। इस तरह से hydrogen यन्त्र के फट जाने का कोई भो डर न रहेगा, तुम्हें इस बात का पूरा निश्चय हो सकता है कि hydrogen में अब कुछ भी हवा मिली हुई नहीं है।

टोंटी से निकलती हुई hydrogen को जला कर उसे flask के नीचे इस तरह रखो कि जलती हुई hydrogen की शिखा ठीक काच तक पहुँच जाय।

काच पर कुछ पदार्थ जमता रहेगा और धीरे धीरे नीचे टपकता रहेगा। इस द्रव पदार्थ को एक बिलकुल साफ़ beaker में जमा कर लो।

है विद्यार्थियों में यह इतना जमा हो जाना चाहिये कि तुम उसका घनत्व और फिर उसका कथनांक अथवा हिमांक निकाल सको।

यह द्रव पदार्थ क्या है ? इस प्रयोग से क्या सिद्ध होता है ?

निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दो

१—क्या पानी मिश्रण है या यौगिक पदार्थ है ? कारण बताओ।

२—तुम ऐसा क्यों मान लेते हो कि जब हवा में hydrogen जलती है तो nitrogen के साथ उसका रासायनिक संयोग नहीं होता है ?

प्रयोग ३८*—पानी को विद्युत् की सहायता से विघ्नेषण (*electrolysis*) करना।

जब पानी के भीतर से एक विद्युत्प्रवाह चलाया जाता है तो पानी का विघ्नेषण हो जाता है, और इस काम के उपयोगों एक यन्त्र के प्रयोग करने से दोनों गैसें जिन से पानी बना है जमा की जा सकती है और पानी में oxygen और hydrogen जिस अनुपात में विद्यमान है यह भी निर्णय हो सकता है।

* नोट—यह प्रयोग lecture room में अध्यापक की सख्त करवा चाहिये।

दो। देखो hydrogen निकलने लगती है। एक साफ़ और सूखी परख नली लेकर टॉटी के ऊपर रखो। इसे वहाँ एक मिनट तक रखो और फिर मुँह को अगूँठे से बन्द करके burner को शिखा के निकट लाओ।

ऐसा करने पर यदि कोई शब्द होता हो तो इसे फिर करो और दोहराते रहो जब तक कि तुम परख नली में ऐसी gas न भर सको जो उसमें चुपचाप धीरे धीरे जल सके।

Gas भरने की इस रीति को "*by upward displacement of air*" कहते हैं।

जब तुमने नली में ऐसी gas भर ली है जो धीरे धीरे जलती है तो उस जलती हुई gas को टॉटी के पास ले जाओ और इसके द्वारा टॉटी से निकलती हुई gas को जला दो। इस तरह से hydrogen यन्त्र के फट जाने का कोई भी डर न रहेगा, तुम्हें इस बात का पूरा निश्चय हो सकता है कि hydrogen में अब कुछ भी हवा मिली हुई नहीं है।

टॉटी से निकलती हुई hydrogen को जला कर उसे flask के नीचे इस तरह रखो कि जलती हुई hydrogen की शिखा ठीक काच तक पहुँच जाय।

काच पर कुछ पदार्थ जमता रहेगा और धीरे धीरे नीचे टपकता रहेगा। इस द्रव पदार्थ को एक बिलकुल साफ beaker में जमा कर लो।

छे विद्यार्थियों में यह इतना जमा हो जाना चाहिये कि तुम उसका घनत्व और फिर उसका कथनांक अथवा हिमांक निकाल सको।

यह द्रव पदार्थ क्या है ? इस प्रयोग से क्या सिद्ध होता है ?

निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दो

१—क्या पानी मिश्रण है या यौगिक पदार्थ है ? कारण बताओ।

२—तुम ऐसा क्यों मान लेते हो कि जब हवा में hydrogen जलती है तो nitrogen के साथ उसका रासायनिक संयोग नहीं होता है ?

प्रयोग ३८*—पानी को विद्युत् की सहायता से विश्लेषण (*electrolysis*) करना।

जब पानी के भीतर से एक विद्युत्प्रवाह चलाया जाता है तो पानी का विश्लेषण हो जाता है, और इस काम के उपयोगो एक यन्त्र के प्रयोग करने से दोनों गैसों जिन से पानी बना है जमा की जा सकती हैं और पानी में oxygen और hydrogen जिस अनुपात में विद्यमान है यह भी निर्णय हो सकता है।

* नोट—यह प्रयोग lecture room में अध्यापक की सख्त करना चाहिये।

पानी (या और कोई पदार्थ) को विद्युत्प्रवाह द्वारा विश्लेषण करने को *electrolysis* कहते हैं ।

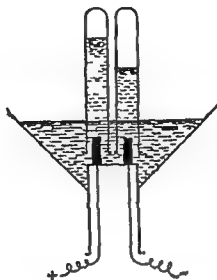
पानी के *electrolysis* के लिये जो यन्त्र काम में लाया जाता है उसे *voltmeter* कहते हैं ।

एक बड़ी कीप की डंडी एक इंच लम्बी रख कर बाकी सब काट डालने के पीछे उसमें एक अच्छा काग लगाये जाने पर एक *voltmeter* बन जाता है । फिर इस काग के भीतर से दो *platinum* का तार डाल दिये जाते हैं और दो छोटी छोटी *platinum* की पत्तियों के साथ जोड़ दिये जाते हैं जैसा कि चित्र में दिखाया गया है ।

कीप के भीतर और काग के ऊपर कुछ पिघला हुआ पाराफ्रीन भीम छोड़ दिया जा सकता है ताकि काग में से पानी बाहर न निकल सके और *platinum* की पत्तिया भी अपने अपने स्थानों पर जम जाय । यह *platinum* की पत्तिया *electrodes* कहलाती हैं ।

Voltmeter को एक *clamp* या *tripod stand* के सहारे से खड़ा रखो और उसमें इतना पानी छोड़ दो कि उसमें *electrodes* अच्छी तरह डूब जाय । पानी में कुछ *sulphuric acid* डाल कर इसे अवश्य *acid* बना लो क्योंकि बिशुद्ध पानी में से विद्युत्प्रवाह नहीं चल सकता है । *Sulphuric acid* पानी को विद्युत् का चालक बना देता है परन्तु *electrolysis* के अन्त में यह ठीक वैसा ही रह जाता है जैसा कि पहिले था । इस *acid* मिले हुए पानी से दो

test tubes भर लो और प्रत्येक electrode पर एक एक रख दो।



चित्र २३

अब इन दोनों platinum के तारों को चार cells के एक bichromate battery के तारों से मिला दो।

Electrodes में से gas के छोटे छोटे बुलबुले ऊपर की ओर उठने लगते हैं और test tubes में जमा होते जाते हैं।

जब gas कुछ अधिक परिमाण में जमा हो जाय तो battery को अलग कर दिया जाय और प्रत्येक नली में जहाँ तक पानी है वहाँ पर एक एक निशान बना दिया जाय।

फिर दोनों नलियों को निकाल कर प्रत्येक की gas की परीक्षा करो। परीक्षा से तुम को मालूम होगा कि एक में hydrogen और दूसरे में oxygen है।

प्रत्येक नली में निशान तक पानी भर देने के लिये जितने पानी की आवश्यकता हो उसका आयतन एक burette से नापने पर प्रत्येक gas का आयतन मालूम हो जाता है।

अपने फलों को इस तरह लिखो •

Hydrogen का आयतन = c.c.

Oxygen का आयतन = c.c.

Oxygen और hydrogen का अनुपात =

प्रयोग ३६*—यह दिखाना कि जब गर्म किये हुए तांबे के अक्सैड के ऊपर से *hydrogen* चलार्द्ध जाती है तो पानी बन जाता है।

(अ) Hydrogen बनाने का यन्त्र तैयार करो और उसमें जस्ते के पतले छीटे छोटे टुकड़े भी रख दो।

(ब) एक Wolff's bottle लेकर उसमें दो भूकी हुई नलियां लगा दो जिनमें से एक तो बहुत छोटी हो और दूसरी इतनी बड़ी हो कि बोतल के पेंदे तक पहुँच जाय। इस बोतल के भीतर पेंदे से 4 cm ऊँचे तक strong sulphuric acid छोड़ दो। Strong sulphuric acid पानी खींचता है और इस लिये gas सूखाने के काम में आता है।

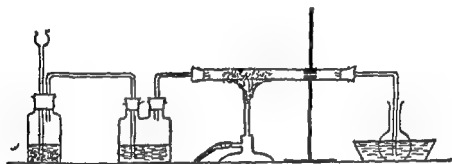
(स) 40 cm लम्बी और $1\frac{1}{2}$ cm या 2 cm व्यास की

एक कठिन काच की नली लो। इसके सिरों में दो अच्छे काग लगा दो, जिन में से एक 5 cm लम्बी एक सीधी नली लगी हुई हो और दूसरे में एक झुकी हुई नली, जिसके छोटे हिस्से की लम्बाई 4 cm और बड़े हिस्से की 20 cm हो। इस नली के भीतर मध्यभाग के जितना निकट हो सके लगभग 80 grams मोटा पिसा हुआ तांबे का अक्सेड को पहिले एक चीनी मिट्टी की प्याली में रख कर गरम कर लेना चाहिये ताकि उसकी सब नमी निकल जाय।

(द) अब यन्त्र के सब हिस्सों को एक दूसरे के साथ मिला दो जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। जिस नली में तांबे का अक्सेड है उसके झुके हुए हिस्से के नीचे एक छोटा सा flask एक ठंढे पानी के बरतन में करके रक्खो ताकि वह ठंढा रहे।

Flask को निकाल कर झुकी हुई नली को ऊपर की ओर घुमा दो। Hydrogen की बोतल में dilute sulphuric acid डाल दो और gas की कुल यन्त्र के भीतर होती हुई कुछ मिनट तक बराबर निकलने दो। झुकी हुई नली के ऊपर एक test tube रख कर निकलती हुई gas को upward displacement of air के द्वारा जमा करो। इसे एक लौ के पास लाकर देखो कि यह चुपचाप जलती है या इसके जलने में कोई शब्द होता है। जब यह चुपचाप जलने लगे तो झुकी हुई नली को फिर नीचे की ओर घुमा कर flask के भीतर जाने दो।

अब ताँबे के अक्साइड को गरम करना आरम्भ करो। पहिले धीरे धीरे गरम करो और इस बात का ध्यान रखो कि नली को एक ही जगह पर गरम न करना चाहिये वरन् burner को इधर उधर हटाते रहना चाहिये ताकि burner की शिखा नली में कई cm तक पहुँचती रहे।



चित्र १४

अन्त में जहाँ पर ताँबे का अक्साइड रखा हुआ है वहाँ पर नली को जहाँ तक हो सके खूब गरम करो। नली में कुछ आर्द्रता जमती हुई दिखलाई पड़ेगी परन्तु अन्त में धीरे धीरे वह सब छोटे flask में चली आयगी।

Flask में जो कुछ जम कर इकट्ठा हो गया है उसे परीक्षा करो। तुम यह कैसे सिद्ध कर सकते हो कि यह पानी है ?

इन प्रयोगों से सिद्धान्त

Oxygen के एक आयतन के साथ hydrogen के दो आयतनों के अनुपात से रासायनिक संयोग होकर पानी बनता है।

नवां अध्याय

कार्बन

प्रयोग ४०—कार्बन के भिन्न भिन्न रूपों के गुणों की परीक्षा करना ।

Oxygen और hydrogen की तरह carbon भी एक मूल पदार्थ है परन्तु उनमें एक अन्तर यह है कि यह एक ठोस पदार्थ है। प्राकृतिक जगत में यह बहुत मिलता है, परन्तु प्रायः सदा यौगिक पदार्थ ही के रूप में पाया जाता है। इस बात में यह hydrogen से बहुत मिलता जुलता है। Carbon का सब से विशुद्ध रूप हीरा (*diamond*) है। यह एक बहुत ही कठिन, रवेदार, वर्णहीन पदार्थ है।

Carbon ऐसे रूपों में भी पाया जाता है जिन में रवे नहीं होते हैं, इनमें से *graphite* या *black lead* प्रायः शुद्ध रूप है।

इस से कम या अधिक शुद्ध रूप *wood charcoal* (लकड़ी के जलाने से जो कोयला बनता है), *coke* (पत्थर का कोयला जलने से जो कोयला बनता है) और *lamp black* (काजल) हैं।

ऊपर लिखे हुए पदार्थों के गुणों की परीक्षा करो और लिखो।

प्रयोग ४१—कार्बन के जलने से जो गैस बनती है उसकी परीक्षा करना ।

१—एक लकड़ी के कोयले के टुकड़े को एक तार में बांध दो और इस कोयले को इतना गरम करो कि वह लाल हो जाय और फिर उसे एक gas jar में लटका दो । एक या दो मिनट के अन्त में कोयले को निकाल कर उस jar में थोड़ा सा साफ़ चूने का पानी छोड़ दो । इसकी हिजाओ । क्या होता है ?

२—इसी प्रयोग को दोहराओ परन्तु इस बार चूने के पानी के बदले litmus के घोल डाल कर हिजाओ ।

३—इस पिछले प्रयोग को (अ) एक लकड़ी का टुकड़ा (ब) एक मोमबत्ती लेकर दोहराओ ।

४—फिर लकड़ी के कोयले को लेकर इसी प्रयोग को दोहराओ परन्तु इसे oxygen gas के jar में लटकाओ ।

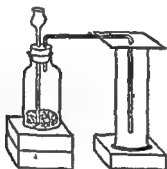
इन सब प्रयोगों में एक ऐसी वर्णहीन gas बनती है जो कुछ acid है और चूने के पानी को सफ़ेद कर देती है ।

यह gas, carbon और oxygen का एक यौगिक पदार्थ है और carbonic acid gas या carbon di-oxide कहलाती है ।

यह gas अपने यौगिक पदार्थ carbonates से एक बहुत ही सहज उपाय से और शुद्ध रूप में बनाई जा सकती है ।

प्रयोग ४२—*Carbon di-oxide gas* बनाना और उसके गुणों की परीक्षा करना ।

Hydrogen बनाने के लिये जो बोतल तुम काम में लाये थे उसे लो । इसके एक तरफ से निकली हुई नली के साथ समकोण में झुकी हुई एक नली मिला दो जिसका एक अङ्ग इतना लम्बा हो कि gas jar के पेंदे तक पहुँच जाय जैसा कि चित्र में दिखाया गया है ।



चित्र २५

बोतल में कुछ सगमर्मार (marble) या खडिया मिट्टी के छोटे छोटे टुकड़े रक्खो । (काले तख्ते में लिखने के लिये जो छोटी छोटी सफेद कलमें काम में आती हैं वह वास्तव में खडिया की नहीं है और इस लिये इस प्रयोग में उन से कोई काम न निकलेगा ।) बोतल में इतना पानी छोड़ दो कि उसमें खडिया के टुकड़े केवल डूब जाय । Thistle funnel के रास्ते से थोड़ा dilute hydrochloric

प्रयोग ४१—कार्बन के जलने से जो गैस बनती है उसकी परीक्षा करना ।

१—एक लकड़ी के कोयले के टुकड़े को एक तार में बांध दो और इस कोयले को इतना गरम करो कि वह लाल हो जाय और फिर उसे एक gas jar में लटका दो । एक या दो मिनट के अन्त में कोयले को निकाल कर उस jar में थोड़ा सा साफ़ चूने का पानी छोड़ दो । इसकी हिलाओ । क्या होता है ?

२—इसी प्रयोग को दोहराओ परन्तु इस बार चूने के पानी के बदले litmus के घोल डाल कर हिलाओ ।

३—इस पिछले प्रयोग को (अ) एक लकड़ी का टुकड़ा (ब) एक मोमबत्ती लेकर दोहराओ ।

४—फिर लकड़ी के कोयले को लेकर इसी प्रयोग को दोहराओ परन्तु इसे oxygen gas के jar में लटकाओ ।

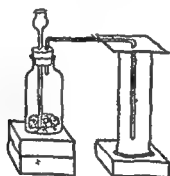
इन सब प्रयोगों में एक ऐसी वर्णहीन gas बनती है जो कुछ acid है और चूने के पानी को सफ़ेद कर देती है ।

यह gas, carbon और oxygen का एक यौगिक पदार्थ है और carbonic acid gas या carbon di-oxide कहलाती है ।

यह gas अपने यौगिक पदार्थ carbonates से एक बहुत ही सहज उपाय से और शुद्ध रूप में बनाई जा सकती है ।

प्रयोग ४२—*Carbon di-oxide gas* बनाना और उसके गुणों की परीक्षा करना ।

Hydrogen बनाने के लिये जो बोतल तुम काम में लाये थे उसे लो । इसके एक तरफ से निकली हुई नली के साथ समकोण में झुकी हुई एक नली मिला दो जिसका एक छद्म इतना लम्बा हो कि gas jar के पेंदे तक पहुँच जाय जैसा कि चित्र में दिखाया गया है ।



चित्र २५

बोतल में कुछ सगमर्भर (marble) या खडिया सिंघी के छोटे छोटे टुकड़े रखो । (काले तख्ते में लिखने के लिये जो छोटी छोटी सफ़ेद कलमें काम में आती है वह वास्तव में खडिया की नहीं है और इस लिये इस प्रयोग में उन से कोई काम न निकलेगा ।) बोतल में इतना पानी छोड़ दो कि उसमें खडिया के टुकड़े केवल डूब जाय । Thistle funnel के रास्ते से थोड़ा dilute hydrochloric

acid धीरे धीरे छोड़ते जाओ जब तक कि gas निकलनी आरम्भ न हो जाय ।

पांच jars में यह गैस *downward displacement of air* के द्वारा भर लो । Gas भरने के समय jar के मुँह को जहाँ तक हो सके काच या दफती के ढकने से ढके रखो ।

निम्नलिखित रीति से इस gas के गुणों की परीक्षा करो :

१—क्या gas में मोमबत्ती जलेगी ?

२—Litmus के घोल पर इस gas का क्या प्रभाव पड़ता है ?

३—इस gas में magnesium के जलने से क्या होता है देखो ।

४—हवा से भरा हुआ एक jar में इस gas को पानी की तरह नीचे की ओर उडेल दो । चूने के पानी से नीचे के jar को परीक्षा करो ।

५—इसकी रंग, स्वाद और गंध मालूम करो । इस jar में थोड़ा पानी डाल कर हिलाओ । इसमें से थोड़ा पानी एक test tube में लो और उसमें चूने का पानी मिला दो । क्या यह gas पानी में घुल जाती है ?

इस gas के . १ जो गुण तुम को इस प्रकार से मालूम हो चुके हैं उनसे तुम यह सिद्धान्त निकाल सकते हो कि यह ठीक वही gas है जो हवा या oxygen में carbon के जलने से बनती है ।

प्रयोग ४३—यह दिखाना कि सब *carbonates* में *carbon di-oxide* विद्यमान है ।

Sodium carbonate, potassium carbonate, magnesium carbonate, copper carbonate आदि जितने भिन्न भिन्न प्रकार के *carbonates* तुम को मिल सके थोड़े थोड़े लो । इन *carbonates* में से किसी एक का थोड़ा सा हिस्सा एक test tube में लेकर उसमें थोड़ा dilute hydrochloric acid छोड़ दो । निकलती हुई gas को धीरे धीरे नोचे की ओर एक दूसरी test tube में उड़ेल दो जिसमें पहिले ही से थोड़ा चूने का पानी रक्खा हुआ हो, परन्तु ऐसा करने में इस बात का विशेष ध्यान रहे कि चूने के पानी में कुछ acid भी न चला जाय । दूसरी नली के मुह की अपने अगूठे से बन्द कर लो और उसके भीतर की gas को चूने के पानी के साथ हिलाओ ।

अब और बाकी *carbonates* में से एक एक को लेकर इस प्रयोग को दोहराओ ।

प्रयोग ४४—"Soda water" की परीक्षा करना ।

बाजार की साधारण soda water की एक बोतल खोल डालो ।

१—इसमें से थोड़ा सा पानी एक test tube में लेकर इसमें चूने का पानी मिला दो ।

२—कुछ पानी को लेकर थोड़े से litmus के घोल से परीक्षा करो ।

३—250 cc के एक flask में एक काग और एक झूकी हुई नली लगाओ जो काग के भीतर से केवल थोड़ी ही निकली हुई हो । Carbon di-oxide के जमा करने के लिये जो delivery tube से काम लिया गया था उससे इस झूकी हुई नली को मिला दो ।

ताजा खुले हुए soda water से इस flask को गले तक भर दो । Flask को लोहे की तिपाईं पर रख कर गरम करो और निकलती हुई gas को एक boiling tube में downward displacement of air से जमा कर लो ।

यह निर्णय करो कि यह गैस carbon di oxide है या नहीं ।

प्रयोग ४५—खडिया मिट्टी पर ताप की क्रिया की परीक्षा करना ।

१—खडिया मिट्टी के गुणों को लिखो और विशेष कर यह भी लिखो कि यह पानी में घुल जाती है या नहीं और litmus पर इसकी कोई क्रिया होती है या नहीं ।

२—चोनी मिट्टी की एक बड़ी प्याली लेकर उसे तोल

लो और उसमें लगभग 2 grams बारीक पिसी हुई खडिया मिट्टी डाल दो।

प्याली को फिर तोल लो।

एक साधारण अगोठी पर मोटे लोहे के तार का बना हुआ एक त्रिभुज रक्खो। प्याली को इस त्रिभुज पर रख कर एक घंटे तक बराबर गरम करते रहो यहा तक कि अन्त में वह लाल हो जाय।

इसे ठंडा करो और फिर तोल लो।

तोल में जो फ़ास अथवा वृद्धि हुई हो उसे लिख लो।

३—प्याली में जो कुछ रह गया है उस पर कई बूंद पानी डाल दो। देखो उसके तापक्रम में कोई परिवर्तन हुआ है या नहीं अथवा और किसी दूसरे प्रकार का कोई परिवर्तन हुआ है या नहीं।

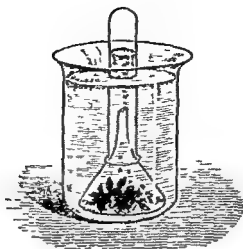
४—प्याली में जो कुछ बचा है उसे दो भागों में बाट कर एक भाग में थोड़ा hydrochloric acid छोड़ दो। क्या कोई gas निकलती है ?

५—बाकी आधे को एक boiling tube में रख कर distilled पानी के साथ हिलाओ। क्या पानी में कुछ घुल जाता है ? यदि घुल जाता है तो क्या यह घोल चार है ?

चूने के गुणों की परीक्षा करो और खडिया मिट्टी को गरम करने के अन्त में जो कुछ पदार्थ रह जाता है उसके गुणों की तुलना चूने के गुणों से करो।

अपने सब अनुभवों को लिख डालो।





चित्र २६

यह सब तेज धूप में रखो और जब यथेष्ट gas निकल चुकी हो तो उसे पगोचा करके देखो कि वह oxygen है या नहीं।

सिद्धान्त

जिस तरह प्राणी oxygen को भीतर खर्च कर डालते हैं और उसकी जगह carbonic acid gas बाहर निकाल देते हैं ठीक उसी तरह पौदे तेज धूप में carbonic acid gas को लेकर उसे carbon और oxygen में अलग कर देते हैं। वह अपनी वृद्धि के लिये carbon को ले लेते हैं और oxygen को हवा में छोड़ देते हैं।

चौथा भाग

दसवां अध्याय

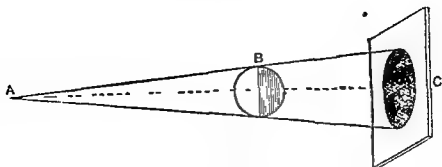
प्रकाश

परिभाषा—सूरज से प्रकाश निकल कर आकाश में चारों ओर फैल जाता है। एक जलती हुई दीपक से भी प्रकाश निकलता है जो कमरे में चारों ओर फैल जाता है। सूरज और दीपक के ऐसे पदार्थ जिन से प्रकाश आप से आप निकलता रहता है स्वयं-प्रकाशमान (*self luminous*) कहलाते हैं। सूरज या कोई जलती हुई बत्ती से प्रकाश अन्य वस्तुओं में पड़ता है और तब हम उन्हें देख सकते हैं, ऐसे पदार्थ जो कि केवल उसी दशा में दिखाई देते हैं जब कोई प्रकाशमान पदार्थ से उन पर प्रकाश पड़ता हो प्रकाश-हीन (*non luminous*) कहलाते हैं। प्रकाश हीन वस्तुओं को हम इस लिये देख सकते हैं कि प्रकाशमान पदार्थों से जो प्रकाश उन पर पड़ता है वह वहा से लौट कर या परावर्तित (*reflected*) होकर हमारी आंखों तक चला आता है। चांद प्रकाश हीन वस्तु

है, यह केवल तब ही दिखाई देता है जब कि सूरज के प्रकाश को यह पृथिवी की ओर परावर्तित कर देता है।

काच की तरह वस्तु जिनके भीतर से होकर प्रकाश इस तरह जा सकता है कि जिन वस्तुओं से प्रकाश आता है वह दिखाई दे, पारदर्शक (*transparent*) कहलाती है। लोहे की ऐसी वस्तु जिनके भीतर से होकर प्रकाश निकल नहीं सकता है, अपारदर्शक (*opaque*) कहलाती है। वास्तव में कोई भी वस्तु बिल्कुल पारदर्शक नहीं है, क्योंकि जब प्रकाश किसी वस्तु में से होकर जाता है तो उसके कुछ भाग को वह वस्तु ले लेती है। और जब अपारदर्शक वस्तुओं से बहुत पतली भिल्ली बनाई जाती है तो उनमें से कुछ थोड़ा सा प्रकाश निकल आता है। धातु की पतली भिल्ली की तरह वस्तु जिन के भीतर से होकर प्रकाश चला आता है परन्तु चीजें साफ नहीं दिखाई देती हैं, अर्द्ध स्वच्छ (*translucent*) कहलाती है। चिकना कागज़ और घिसा हुआ काच अर्द्ध स्वच्छ है।

प्रकाश सरल रेखाओं में चलता है—यदि तुम एक अपारदर्शक पदार्थ B को एक दीप्त वस्तु A और एक अपारदर्शक परदे C के बीच में रखो तो A का प्रकाश B से रुक जाने पर परदे में एक छाया पड़ जाती है। छाये की आकृति वास्तव में प्रकाश के सरल रेखाओं में चलने का फल है। इस तरह यदि पदार्थ B कोई गोला हो जैसा कि चित्र में दिखाया गया है तो उसकी छाया वृत्ताकार होती है।



चित्र २०

जब हम प्रकाश के विषय में इस प्रकार भावना करते हैं कि यह किसी एक बिन्दु A से चल कर किसी दूसरे बिन्दु C तक एक सरल रेखा में पहुँचता है तो हम इस सरल रेखा को प्रकाश की एक किरण (ray) कहते हैं। किरणों के किसी समूह को *pencil* कहते हैं जब कि वह सब एक बिन्दु से चलती है, जब वह समानान्तर होती हैं तो वह *beam* कहलाती है।

प्रकाश का परावर्तन

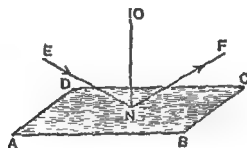
जब प्रकाश किसी मम और चिकने धरातल जैसे काच या चमकती हुई धातु पर पड़ता है तो प्रत्येक किरण चमकते हुए धरातल पर पड़ते ही कुछ नियमों के अनुसार परावर्तित हो जाती है, जिनका वर्णन निम्नलिखित रूप से किया जाता है

मान लो कि ABCD एक चमकता हुआ धरातल है और EN प्रकाश की एक किरण है जो कि धरातल में

N बिन्दु पर आकर पड़ती है। मान लो कि ON धरातल के साथ समकोण बनाती हुई N बिन्दु पर खड़ी है और NF परावर्तित किरण है। तब .

(१) EN, NF और ON सब एक ही धरातल में है।

(२) $\angle EON = \angle ONF$



चित्र ३८

EN किरण जो धरातल पर आकर पड़ती है *incident ray* कहलाती है, N बिन्दु जहाँ पर *incident ray* आकर परावर्तक धरातल से मिलती है, *point of incidence* कहलाता है, NF किरण जो धरातल के द्वारा अन्य दिशा में घुमा दी गई है *reflected ray* कहलाती है।

किसी एक सरल रेखा का *normal* एक ऐसी सरल रेखा होती है जो उसके साथ समकोण बनाती है, इसी तरह एक धरातल के साथ समकोण बनाती हुई जो रेखा उस पर खड़ी होती है वह उसका *normal* कहलाती है। NO, ABCD धरातल में N बिन्दु पर *normal* है। Incident ray और *normal* के बीच में जो कोण ENO है उसे *angle of incidence* कहते हैं, reflected ray और

normal के बीच में जो कोण ONE है उसे *angle of reflection* कहते हैं ।

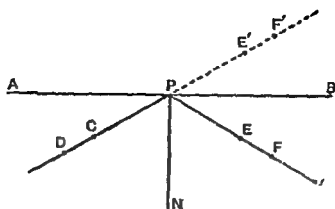
अब हम परावर्तन के नियमों (*laws of reflection*) को और साधारण रूप से इस तरह वर्णन कर सकते हैं

(१) *Incident ray, reflected ray और point of incidence* पर परावर्तक धरातल का *normal* सब एक ही धरातल में होते हैं ।

(२) *Angle of incidence* सदा *angle of reflection* के बराबर होता है ।

प्रयोग ५१—परावर्तन के नियमों का प्रतिपादन ।

(१) Drawing board या अपने बेल्ट पर कागज का एक तख्ता लगा लो । उस पर एक सरल रेखा AB खींचो । तुम्हें जो दर्पण दिया गया है उसे कागज पर इस तरह रखो कि उसके परावर्तक धरातल (पैठ) का किनारा AB पर रहे और परावर्तक धरातल ठीक खड़ा रहे । दो पिन C, D लगभग ४ इंच की दूरी पर कागज में इस तरह लगा दो कि वह ठीक खड़ी रहें और रेखा DC दर्पण से एक कोण पर झुकी हुई रहे । अपने सिर को स्थिर रख कर एक आख से DC की दिशा में देखो और E और F पर दो और पिन इस तरह लगा दो कि इनके प्रतिबिम्ब E', F' रेखा DC के बढाये हुए भाग पर होते हुए मालूम दें ।



चित्र २२

दर्पण और पिनों को निकाल लो। प्रत्येक पिन को निकालते समय उसकी जगह पर अच्छे तरह निशान लगा दो। DCP और FEP रेखाओं को खींचो, यदि तुमने इस प्रयोग को शुद्धता के साथ किया है तो यह रेखाएँ AB पर जाकर मिल जायगी। P बिन्दु पर AB के साथ PN एक लम्ब खड़ा करो।

चूँकि E'F', DC रेखा के पीछे की ओर बढ़ाये हुए भाग में मालूम होती थी, इस लिये FE किरण P बिन्दु पर परावर्तित होने के पीछे अवश्य CD रेखा के रास्ते से आकर आख तक पहुँचेगी। PFN को angle of incidence और DPN को angle of reflection कहते हैं। अपने protractor से इन कोणों को नाप कर उनके मानों को लिख लो।

पिनों को भिन्न भिन्न स्थानों पर रख कर इस प्रयोग को दोहराओ। तुम्हारे फलों से यह सिद्ध हो जाना चाहिये कि

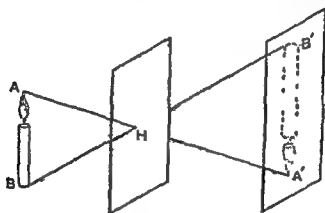
angle of incidence प्रत्येक दशा में *angle of reflection* के बराबर होता है ।

(२) एक छोटा आयताकार दर्पण का टुकड़ा लो । दर्पण में उस से कुछ कम चौड़ा एक दफ्तौ का टुकड़ा बांध दो ताकि तुम्हें 2 mm चौड़ा दर्पण मिल जाय । इस दर्पण को किसी एक चपटे board के साथ समकोण बनाते हुए लम्बे लम्बे रख दो । Board पर दर्पण के एक सिरे के पास और उसके सामने लगभग ३ इंच पर एक पिन लगा दो । दर्पण में देखो कि पिन का प्रतिविम्ब कहा पड़ता है । इसे देखने के लिये तुम्हें अपनी आँखें board के समतल में रखना पड़ेगा , अब पिन, उसका प्रतिविम्ब और तुम्हारी आँखें board के धरातल में है, अर्थात् *incident ray* और *reflected ray* board के धरातल में है । चूँकि दर्पण board के साथ समकोण बनाता है, इस लिये *incidence* के बिन्दु पर का *normal* भी board के धरातल में है । अतः, *incident ray*, *normal* और *reflected ray* सब एकही धरातल में होती हैं ।

असली वस्तुओं के सदृश जो छाया दिखाई देती है उन्हें प्रतिविम्ब (*images*) कहते हैं । प्रतिविम्ब दो प्रकार के होते हैं, यथार्थ (*real*) और कल्पित (*virtual*) ।

प्रयोग ५२—किसी मोमवत्ती का यथार्थ प्रतिविम्ब उत्पन्न करना ।

दस्तौ के एक टुकड़े के ठीक बीच में लगभग 3 mm व्यास का एक सوراख करो। एक अंधेरे कमरे में नीचे लिखे हुए प्रयोग को करो। दस्तौ को मोमवत्ती और दिवार के बीच में पकड़ो। तुम्हें मोमवत्ती का एक प्रतिविम्ब $A'B'$ दिवार पर दिखाई देगा। मोमवत्ती के भिन्न भिन्न



चित्र ३०

भागों से किरणें दस्तौ के सوراख में से होकर दिवार पर पड़ती हैं। चूंकि प्रकाश सरल रेखाओं में चलता है इस लिये मोमवत्ती के A बिन्दु का प्रतिविम्ब A' पर बनता है, B बिन्दु का B' पर, और इसी तरह मोमवत्ती के और और बिन्दुओं के लिये भी यही होता है। इस प्रकार से मोमवत्ती का एक प्रतिविम्ब बन जाता है। चूंकि वह किरणें जिन से प्रतिविम्ब बनता है वास्तव में इसमें से होकर निकलती हैं,

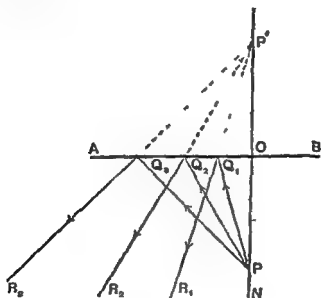
इस लिये ऐसे प्रतिबिम्ब को यथार्थ (real) प्रतिबिम्ब कहते हैं।

जब प्रयोग ५१ में तुमने DC की दिशा में देखा था तो तुम को E पिन का परावर्तित प्रतिबिम्ब दिखाई पड़ा था, यदि तुम्हें यह न मालूम होता कि वह वही दर्पण है तो तुम्हें यह भावना होती कि DC रेखा के बढाये हुए भाग में कहीं पर E' एक पिन है। E से प्रकाश की जो किरणें निकली थी और परावर्तित होकर आँख में आई थी उनसे आँख पर ठोक वही प्रभाव पड़ा था मानों कि वह E' बिन्दु पर की कोई एक असली पिन से सीधी चली आई थीं। किरणें वास्तव में E' बिन्दु से होकर नहीं जाती हैं परन्तु परावर्तित होकर इस तरह चलती हैं कि E' से आते हुई मालूम होती हैं। प्रतिबिम्ब E' कल्पित (virtual) कहलाता है। हम किसी कल्पित प्रतिबिम्ब को परदे पर नहीं डाल सकते हैं।

प्रयोग ५३—समतल दर्पण से प्राप्त प्रतिबिम्ब की स्थिति प्रयोग के द्वारा निर्णय करना।

Drawing board या अपने bench पर एक कागज का तख्ता पिन से लगा लो। इस कागज के तख्ते पर AB एक रेखा खींचो और उस पर एक normal, ON खिंचो। कागज पर एक दर्पण इस तरह रखो कि उसका परावर्तक धरातल (reflecting surface) AB के बराबर रहे।

ON पर एक पिन P को O से ५ इंच को दूरी पर लगा दो। दर्पण से देख कर और पिनो को रख कर $Q_1 R_1$, $Q_2 R_2$ और $Q_3 R_3$ परावर्तित किरणों की दिशाओं को मालूम करो जो PQ_1 , PQ_2 और PQ_3 incident ray से क्रमशः मिलती है। दर्पण को हटा लो और $R_1 Q_1$, $R_2 Q_2$



चित्र ३१

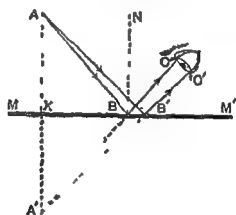
और $R_3 Q_3$ को बढ़ा कर मिला दो। यह रेखाये दर्पण के पीछे NO के बढ़ाये हुए भाग पर P' एक बिन्दु पर जा मिलेंगी। P' बिन्दु P का प्रतिबिम्ब है। इस तरह हमें यह मालूम हो गया कि किसी वस्तु का प्रतिबिम्ब उस वस्तु से दर्पण पर डाले हुए *normal* पर बनता है। OP और OP' की दूरियों को नापो। यह दोनों आपस में

बराबर पाई जायगी। अतः, वस्तु और उसका प्रति-
विम्ब दोनों दर्पण से बराबर दूरी पर रहते हैं।

P को भिन्न भिन्न स्थानों में रख कर इस प्रयोग को
दोहराओ।

प्रयोग ५४—समतल दर्पण से बने हुए प्रति-
विम्ब की स्थिति ज्योमेट्री के द्वारा निर्णय करना।

मान लो कि MM' एक दर्पण है और A उसके सामने
एक वस्तु है। प्रकाश की किरणें A से निकल कर दर्पण



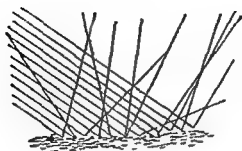
चित्र ३९

MM' पर सब दिशाओं से पड़ती हैं। अब मान लो कि
 AB उनमें से एक किरण है, B से परावर्तित होकर यह
 BC की दिशा में चलती हुई एक आँख में प्रवेश करती है।
 BN , normal खड़ा करो। CB को बढ़ा दो ताकि वह
 A से डाले हुए लम्ब के साथ A' पर जाकर मिल जाय।

और मान लो कि AA' लम्ब MM' को X पर काटता है। सिद्ध करो कि $AX = XA'$ चूँकि A एक नियत बिन्दु है, इस लिये AX एक नियत दूरी है, इस लिये AB किरण की दिशा चाहे कुछ भी हो $A'X$ भी अवश्य एक नियत दूरी होगी और A' अवश्य एक नियत बिन्दु होगा। इसी तरह यदि तुम AB' एक और किरण खींचो जो कि B' से परावर्तित होकर $B'C'$ की दिशा से आख में पहुँचती हो, तो $C'B'$ रेखा बढ़ाये जाने पर अवश्य A' में से होकर जायगी। इसलिये A' वह बिन्दु है जहाँ से आख में प्रवेश करती हुई किरणावली (pencil of ray) आती हुई मालूम देती है, A' बिन्दु A का प्रतिबिम्ब है। हम ने देखा है कि A' उस normal में पड़ता है जो A से दर्पण पर डाला गया है और दर्पण से इतना पीछे है जितना कि A उसके सामने है।

प्रश्न

इसका क्या कारण है कि जब तुम अपने note book के किसी पृष्ठ के सामने एक पिन लाते हो, तो तुम्हें कोई प्रतिबिम्ब नहीं दिखाई देता है? इसका कारण यह है कि कागज का धरातल काँच की तरह चिकना नहीं है परन्तु खुरदरा है। कागज के धरातल पर प्रकाश की किरणों के पड़ने से क्या होता है इस चित्र से तुम्हें मालूम हो जायगा। प्रत्येक किरण परावर्तन के नियमानुसार परावर्तित होती



चि ८१

है, परन्तु चूँकि धरातल भन्न भिन्न भाग incident rays से भिन्न भिन्न कोण नाते हैं इसलिये किरणें परावर्तित होकर भिन्न भिन्न दिशाओं में फैल जाती है, ऐसी दशा में यह कहा जाता है कि प्रकाश फैल गया (*scattered*) है।

वर्तुलाकार नतोदर दर्पण से परावर्तन

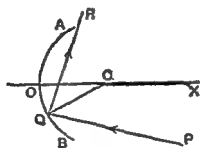
अब तक हमने चपटे या समतल दर्पण से परावर्तन को परीक्षा की है, परन्तु अब हम वर्तुलाकार दर्पण से परावर्तन पर विचार करेंगे। वर्तुलाकार दर्पण (*spherical mirror*) एक ऐसा परावर्तक धरातल है जो कि एक गोले का अंश है। यदि प्रकाश का परावर्तन भीतरी धरातल से होता है तो इस वर्तुलाकार दर्पण को नतोदर (*concave*) कहते हैं।

मान लो कि AOB एक वर्तुलाकार दर्पण का section है जिसका O मध्यभाग है। मान लो कि C बिन्दु गोले का केन्द्र है जिसका यह दर्पण एक भाग है और OX एक

सरल रेखा है जो O और C दोनों केन्द्रों के भीतर से गुजरती है। OX को दर्पण का प्रधान अक्ष (principal axis) कहते हैं।

अब देखो कि किरण AOB दर्पण से किस तरह परावर्तित होती है। हम तीन भिन्न भिन्न दशाओं पर विचार करेंगे

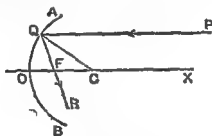
(१) जब एक किरण दर्पण पर किसी दिशा PQ से आकर पड़ती है। चूँकि गोले का प्रत्येक अर्धव्यास अपने धरातल के साथ समकोण बनाता है, इसलिये CQ रेखा Q पर normal है। अतः यह किरण QR को दिशा में परावर्तित हो जायगी जहाँ $\angle RQC = \angle PQC$



चित्र ३४

(२) जब कोई किरण CQ दिशा से अर्थात् गोले के किसी अर्धव्यास से होकर आये तो वह फिर उसी रेखा पर परावर्तित होकर लौट जायगी, angle of incidence (अर्थात् CQ और Q पर के normal के मध्य का कोण) 0° है और angle of reflection भी 0° है।

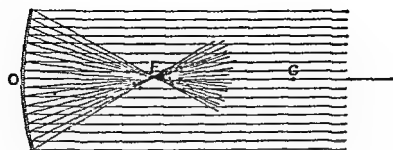
(३) जब एक किरण PQ दर्पण पर अक्ष की समानान्तर दिशा से आती हो। मान लो कि QR परावर्तित किरण की दिशा है जो अक्ष को F पर काटती है।
 $\angle PQC = \angle FQC$ परन्तु $\angle PQC = \text{alternate } \angle QCF$,
 $\angle FQC = \angle QCF$, $FC = FQ$
 यदि Q बिन्दु O बिन्दु के निकट हो, अर्थात्, यदि हम केवल उन्ही किरणों पर विचार करें जो इस दर्पण के आस पास थोड़े से हिस्से पर पड़ रही है, तो FQ प्रायः FO के



चित्र २५

बराबर होगा और इस दशा में $FC = FQ = FO$ अर्थात् यह कहा जा सकता है कि F बिन्दु O और C के ठीक मध्यभाग पर स्थित है। F को दर्पण का *principal focus* कहते हैं और FO दूरी को इसका *focal length* कहते हैं और इसे प्रायः f लिखते हैं। QC दर्पण का *radius of curvature* कहलाता है और यह प्रायः r लिखा जाता है।

इसलिये हम देखते हैं कि जो किरण किसी नतीदर दर्पण पर उसके मध्यभाग के पास उसके principal axis की समानान्तर दिशा में पड़ती हैं वह परावर्तित होकर



चित्र ३६

principal axis पर एक बिन्दु F में आकर सब एक साथ मिल जाती है जो कि C और O के ठीक मध्यभाग में स्थित है।

प्रयोग ५५—यह दिखाना कि किसी नतोदर दर्पण में जो समानान्तर किरणें पड़ती हैं वह भुका कर एकही बिन्दु पर मिल जाती हैं।

दिये हुए नतोदर दर्पण के मध्यभाग का थोड़ा सा अश खला छोड़ कर बाक़ी सब काले कागज से ढक दो जिससे कि किरण दर्पण के उस भाग के अतिरिक्त और कहीं न पड़ें। दर्पण को सूरज के सामने रखो। सूरज इतनी दूरी पर है कि जो किरणें वहाँ से आकर दर्पण पर पड़ती हैं वह सब परस्पर समानान्तर समझी जा सकती हैं। दर्पण और सूरज के बीच में एक टुकड़ा दफ़ती एक तरफ़ थोड़ा सा हटा कर इस तरह रखो कि दर्पण पर गिरते हुए प्रकाश की किसी तरह रुकावट न होने पाये। एक विशेष बिन्दु पर सूरज का एक बहुत स्पष्ट और छोटा प्रतिबिम्ब तुम्हें मिल जायगा। दर्पण के मध्यभाग से इस प्रतिबिम्ब की दूरी

दर्पण का focal length, f है। अपने साथी की सहायता से इस दूरी को नापो और अपने note book में लिख लो।

प्रयोग ५६—नतोदर दर्पण का radius of curvature निकालना।

तुम को दो stands दिये गये हैं, इनमें से एक में एक नतोदर दर्पण है और दूसरे में एक आयताकार टिन का टुकड़ा है जिसमें T की आकृति का एक सूराख बना हुआ है। तुम को एक optical bench भी दिया गया है, यह एक चपटा आयताकार तख्ते का टुकड़ा है जिसके एक किनारे पर एक scale लगा हुआ है।



चित्र ३०

Optical bench पर इन दोनों stands को scale के साथ बिलकुल लगा कर रखो। टिन की एक तरफ सफेद कागज चिपका दिया गया है, इसी ओर को दर्पण के सामने रखो। टिन के पतले सूराख को प्रकाश करने के लिये उसके पीछे एक मोमबत्ती रख दी गई है, यह सूराख इस तरह एक दोम वस्तु बन जाता है जो कि दर्पण में परावर्तित होता है। मोमबत्ती को इस तरह रखो कि इसकी नौ सूराख के ठीक पीछे रहे। दर्पण को इधर उधर

हटाते रहो जब तक कि सूराख का एक स्पष्ट प्रतिबिम्ब टिन पर चपकाये हुए कागज पर सूराख के पास न पड़े। प्रतिबिम्ब को इस स्थान में लाने के लिये दर्पण को scale से कुछ तिरछा करके रखना पड़ेगा।

यह सूराख दीप्त वस्तु है और चूँकि इसका प्रतिबिम्ब इसी के पास बनता है, इस लिये यह स्पष्ट है कि प्रकाश की किरणें जिस दिशा से आती हैं फिर उसी दिशा में परावर्तित हो जाती हैं और यह कि वह सूराख दर्पण के centre of curvature पर स्थित है। दर्पण से सूराख की दूरी अवश्य दर्पण का radius of curvature, r , होगा। Scale पर दर्पण और टिन के सामने के निशानों को पढ़ कर इस दूरी, r , को नाप लो।

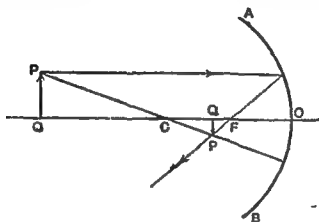
प्रयोग ५५ की रीति से f का जो मान निकला था उस से r के इस मान की तुलना करो और इस तरह सिद्ध करो कि $r = 2f$ ।

प्रयोग ५७—नतोदर दर्पण से जो प्रतिबिम्ब मिलता है उसका स्थान ड्रड्रग के द्वारा निरूपण करना।

(१) जब कि कोई वस्तु दर्पण से उसके centre of curvature की अपेक्षा अधिक दूरी पर हो।

C को केन्द्र मान कर AB एक वृत्त का चाप खींचो जो दर्पण का एक section प्रकट करता है, दर्पण के

केन्द्र को O और principal focus को F मानो और मान लो कि P दीप्त वस्तु है। P से निकली हुई कोई किरण जो दर्पण पर principal axis की समानांतर

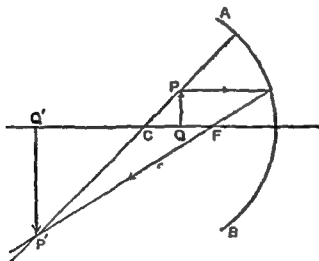


चित्र ३८

दिशा में पड़ती है वह परावर्तित हो कर F में से गुजरती है। P से निकली हुई एक और किरण जो दर्पण पर PC की दिशा में पड़ती है वह फिर परावर्तित हो कर उसी रास्ते से लौट जाती है। इस लिये P' बिन्दु जहाँ यह दोनों परावर्तित किरणें जाकर मिलती हैं, अवश्य P के प्रतिविम्ब का म्यान होगा। इसी तरह यह भी दिखाया जा सकता है कि PQ पर के किसी और बिन्दु का प्रतिविम्ब भी $P'Q'$ रेखा पर होगा। इस लिये $P'Q'$, PQ का प्रतिविम्ब है। यह प्रतिविम्ब वस्तु से छोटा है और उल्टा भी है, और चूँकि यह वास्तव में किरणों के मिल जाने से बना है, इस लिये यह यथार्थ (*real*) है।

इसी तरह अपने note book पर ड्राइंग करके किसी वस्तु PR के प्रतिविम्ब का स्थान मालूम करो जो दर्पण से उसके centre of curvature की अपेक्षा अधिक दूरी पर है।

(२) जब कोई वस्तु दर्पण के centre of curvature और उसके principal focus के बीच में स्थित हो।



चित्र ३८

C और F के बीच में स्थित किसी वस्तु PQ का प्रतिविम्ब कहा होगा अपने note book पर ड्राइंग के द्वारा मालूम करो। इस दशा में प्रतिविम्ब वस्तु से बड़ा होगा, यह उल्टा और यथार्थ (*inverted and real*) होगा।

(३) जब कोई वस्तु दर्पण और उसके principal focus के बीच में स्थित हो।

O F के बीच में स्थित किसी वस्तु PQ का प्रतिविम्ब

पर रक्खा हुआ है जिस तरह के stands के सहारे से दर्पण और सूराख खड़े हुए हैं।

(१) Slit को दर्पण और principal focus के बीच में रखो। परदे पर इसका कोई प्रतिविम्ब न डाल सकोगे। परन्तु यदि तुम दर्पण में देखो तो तुम्हें उस वस्तु का प्रतिविम्ब दिखाई पड़ेगा, यह खड़ा (erect), कल्पित (imaginary) और असली चीज से बड़ा होगा।

(२) Slit को principal focus और centre of curvature के बीच में रखो। यदि परदे को दर्पण से उसके centre of curvature की अपेक्षा अधिक आगे रक्खा जायगा तो उस पर एक बड़ा, यथार्थ और उल्टा प्रतिविम्ब पड सकता है। दर्पण से सूराख की दूरी को धीरे धीरे बढ़ाते जाओ, प्रतिविम्ब क्रमशः दर्पण के पास आ जाता है, परन्तु जब तक वह पतला सूराख centre of curvature तक नहीं पहुँच जाता, उसका प्रतिविम्ब यथार्थ (real), उल्टा (inverted) और असली चीज से बड़ा होगा।

(३) Slit को दर्पण से उसके centre of curvature की अपेक्षा और आगे रखो। परदे पर उसका प्रतिविम्ब डालने के लिये यह आवश्यक है कि परदे को principal focus और centre of curvature के बीच में रक्खा जाय, इस दशा में प्रतिविम्ब यथार्थ, उल्टा और असली चीज से छोटा होगा।

वस्तु और उसके प्रतिविम्ब के स्थान निरूपण करने का नियम

ऊपर के प्रयोग के दूसरे और तीसरे भागों को दोहराओ और optical bench के scale पर नाप कर शुद्धता के साथ यह निकालो कि प्रत्येक दशा में सूराख कौ दूरी " और परदे की दूरी " क्या क्या है। $\frac{1}{u} + \frac{1}{v}$ का मान निकालो। तुम देखोगे कि सूराख चाहे किसी जगह पर रहे यह मान सदा स्थिर रहता है। यदि वस्तु बहुत दूर हो, अर्थात् यदि " को बहुत बड़ा कर दिया जाय, तो $\frac{1}{u}$ बहुत छोटा हो जाता है, यहां तक कि वह शून्य मान लिया जा सकता है। इस दशा में प्रतिविम्ब principal focus पर बनता है और $v=f$ इसलिये जब वस्तु बहुत दूर होगी तो $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$, परन्तु तुम देख चुके हो कि वस्तु के किसी जगह पर भी होने पर $\frac{1}{u} + \frac{1}{v}$ सदा एक हो राशि रहता है। इसलिये इस स्थिर राशि का मान $\frac{1}{f}$ है और उस वस्तु के सब स्थानों के लिये हम लिख सकते हैं कि

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

$\frac{1}{f}$ का मान निकाल कर इस नियम की जांच करो, इस काम के लिये radius of curvature, r का मान निकालो (प्रयोग ५६) और स्मरण रखो कि $\frac{1}{f} = \frac{2}{r}$

अभ्यास ६

(१) एक चित्र खींच कर सिद्ध करो कि जब कोई मनुष्य एक ऐसे दर्पण के सामने खड़ा हो जिसकी लम्बाई उस मनुष्य की लम्बाई से आधी हो, तो वह उसमें अपने सम्पूर्ण शरीर को देख सकता है।

(२) ज्योमेट्री से सिद्ध करो कि जब कोई दर्पण किसी कोण में घुमा दिया जाता है तो परावर्तित किरण उसके दूने कोण में घूम जाती है, यदि incident ray की दिशा स्थिर रहे।

(३) एक समतल दर्पण के सामने रखी हुई 2 cm लम्बी एक वस्तु AB के प्रतिबिम्ब की लम्बाई और स्थिति ड्राइंग के द्वारा निर्णय करो, जब कि इसके दो सिरे A और B दर्पण से क्रमशः 1 और 2 cm की दूरी पर हों।

(४) एक समतल दर्पण किसी वस्तु के सामने 3 ft की दूरी पर रखा हुआ है। यदि दर्पण को उसी के समानान्तर 2 ft (१) वस्तु से और आगे की ओर (२) वस्तु की ओर ले जाय तो उस वस्तु का प्रतिबिम्ब कितनी दूर और किस दिशा में हट जायगा ?

(५) ड्राइंग के द्वारा 2 cm. ऊँची एक वस्तु AB के प्रतिबिम्ब की स्थिति, दशा और ऊँचाई निर्णय करो जब कि वह 5 cm focal length के एक नतोदर दर्पण के principal axis पर (अ) 12 cm, (ब) 24 cm की दूरी पर रखा हुआ हो।

(६) हिसाब लगा कर बताओ कि निम्नलिखित दशाओं में एक नतोदर दर्पण से किसी वस्तु का प्रतिविम्ब कहाँ होगा ।

(अ) दर्पण का focal length, 20 cm , दर्पण से वस्तु को दूरी 25 cm

(ब) , , , 10 cm , , , 20 cm

(स) , , , 35 cm , , , 70 cm

(७) 16 cm radius of curvature के एक नतोदर दर्पण के सामने 12 cm की दूरी पर एक दीप्त बिन्दु स्थित है । यदि यह दीप्त बिन्दु दर्पण की ओर 3 cm और आ जाय तो इसका प्रतिविम्ब किस तरफ और कितनी दूर चट जायगा ?

(८) रेखाचित्र की सहायता से (graphically) सिद्ध करो कि किसी एक वस्तु को एक नतोदर दर्पण के सामने चाहें कहीं पर रखें, $\frac{I}{O}$ सदा $\frac{v}{u}$ के बराबर होता है जब कि 1 और 0 क्रमशः प्रतिविम्ब (image) और वस्तु (object) को उचाइया है और v और u दर्पण से उनकी दूरियाँ हैं ।

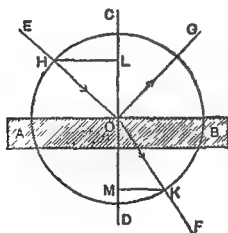
(९) हिसाब लगा कर यह निकालो कि 2 cm लम्बी एक वस्तु को 8 cm focal length के एक नतोदर दर्पण के सामने कहाँ पर रखना चाहिये कि उससे 1 cm लम्बा एक यथार्थ प्रतिविम्ब बन जाय । रेखाचित्र की सहायता से (graphically) अपने उत्तर की जाँच करो ।

(१०) 18 cm focal length के एक नतोदर दर्पण के सामने 10 cm की दूरी पर एक वस्तु रखी हुई है ।

इसका प्रतिविम्ब कहा पर बनता है ? अपने उत्तर में जो कृष्णात्मक चिह्न आता है उसका तात्पर्य समझाओ ।

प्रकाश का वर्तन

तुम पढ़ चुके हो कि प्रकाश की किरणें जब हवा में से जाती हैं तो वह सरल रेखाओं में चलती हैं, और यह कि जब प्रकाश की कोई किरण हवा में से होकर किसी चमकते हुए धरातल पर पड़ती है तो वह किरण वहाँ से लौट कर एक और सरल रेखा में चली जाती है। अब हमें यह देखना है कि जब किरणें हवा में से होती हुई काच या पानी के ऐसे किसी भिन्न घनत्व के पारदर्शक पदार्थ के भीतर जाती हैं, तो क्या होता है।



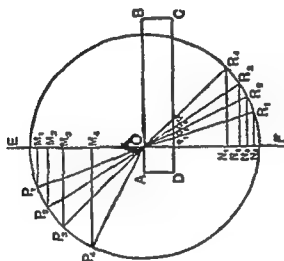
चित्र ४१

मान लो कि हवा में से होकर EO एक प्रकाश की किरण काच के एक चादर AB के धरातल पर पड़ती है। प्रकाश का कुछ अंश धरातल पर परावर्तन के नियमानुसार

OS की दिशा में परावर्तित हो जायगा। प्रकाश का और बाकी अश काच के भीतर चला जायगा, जो किरण भीतर जाती है वह EO की दिशा में नहीं जायगी वरन् CD normal की ओर झुक जायगी या वर्तित (*refracted*) हो जायगी। OF को वर्तित किरण (*refracted ray*) कहते हैं। यह वर्तित किरण उसी धरातल में होगी जिसमें कि incident ray और वह normal होगा जो point of incidence पर खड़ा होगा। Refracted ray और incident ray को दिशाओं में एक सरल सम्बन्ध भी होता है। O को केन्द्र मान कर एक वृत्त खींचो और मान लो कि इस वृत्त की परिधि EO को H पर और OF को K पर काटती है। Normal के ऊपर HL और KM दो नम्ब डालो। जब प्रकाश शून्य आकाश (या हवा, जो प्रायः उसके बराबर है) से होकर किसी पदार्थ में वर्तित होता हो तो $\frac{HL}{MK}$ अनुपात को हम उस पदार्थ का *refractive index* कहते हैं। Angle of incidence चाहे कुछ भी हो, यह अनुपात उस पदार्थ के लिये सदा स्थिर रहता है परन्तु भिन्न भिन्न पदार्थों के लिये भिन्न भिन्न अनुपात होता है। इस तरह कांच के लिये इसका मान सदा एक ही रहता है और पानी के लिये भी मान सदा एक ही रहता है परन्तु ऐसा कभी न होगा कि जो मान पानी के लिये है वही मान काच के लिये भी हो।

प्रयोग ५६—काच का *refractive index* निकालना ।

एक सफेद कागज के तख्ते पर काच का एक टुकड़ा रख दो। बारीक नोक के एक पेन्सिल से कागज पर काच के स्थान का निशान लगा दो। मान लो कि ABCD काच के टुकड़े का “खाका” (“plan”) है। AB में



चित्र ४२

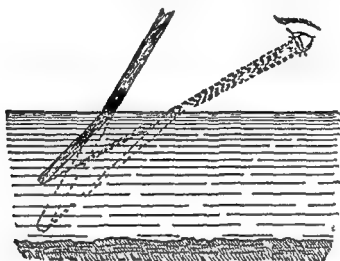
किसी एक बिन्दु O पर निशान लगा दो और वहाँ AB पर लम्ब EF खड़ा कर दो। O को केन्द्र मान कर और लगभग 3" अर्द्धव्यास लेकर एक वृत्त खींचो। काच के टुकड़े को फिर अपने स्थान पर रख दो। O पर एक पिन गाड़ दो और कुछ पिन P₁, P₂, P₃ और P₄ वृत्त की परिधि पर गाड़ दो अब P₁O, P₂O, P₃O और P₄O को चार incident rays मान लो। P₁O किरण काच के

भीतर से होकर जिस रास्ते से निकलेगी उसे मालूम करने के लिये CD भुजा की तरफ से काच के भीतर देखते हुए CD के किनारे पर एक पिन Q_1 इस तरह लगा दो कि P_1, O और Q_1 एक ही सरल रेखा में दिखाई दे, Q_1, O उस refracted किरण की दिशा है जो कि incident किरण P_1, O से निकलती है। इसी तरह Q_2, Q_3 और Q_4 पिनों को काच के किनारे CD पर लगाते जाओ ताकि काच के भीतर से देखने पर यह क्रमशः P_2, O, P_3, O और P_4, O के साथ एक ही सरल रेखा में दिखाई पड़े। काच को हटा लो। OQ_1, OQ_2, OQ_3 और OQ_4 रेखाओं को इतना बढ़ाओ कि वह वृत्त की परिधि से R_1, R_2, R_3 और R_4 पर क्रमशः मिल जाय। P_1, P_2, P_3 और P_4 से P_1M_1, P_2M_2, P_3M_3 और P_4M_4 लम्बों को EF normal पर डालो, और R_1, R_2, R_3 और R_4 से R_1N_1, R_2N_2, R_3N_3 और R_4N_4 लम्बों को EF normal पर डालो। इन आठों रेखाओं को लम्बाइया नापो और अपने फलों को इस तरह लिखो।

PM की लम्बाई	RN की लम्बाई	काच का refractive index $\frac{PM}{RN}$

प्याली को पानी से भर दे। अब तुम को रुपया दिखाई देने लगेगा। इस चित्र की सहायता से इसका कारण बताओ।

(२) पानी में एक छड़ी को तिरछा करके रखो। यह कुछ छोटी और पानी के घरातल पर झुकी हुई मालूम



चित्र ४५

देती है। क्यों? कभी कभी लोग पानी के भीतर भाले से मछली का शिकार करते हैं। क्या वह मछली के सामने से निशाना बाधते हैं या पीछे से? कारण बताओ।

अभ्यास ७

(१) किसी ठोस medium के refractive index निकालने की रीति वर्णन करो जब प्रकाश की किरण हवा से होकर उस medium में जाती है।

(२) कुछ ऐसी घटनाओं के उदाहरण दो जो प्रकाश के वर्तन के कारण होते हैं।

(३) एक चित्र की सहायता से यह समझाओ कि क्यों तालाब में मछली देखने में तो धरातल के पास ही मालूम होती है यद्यपि वास्तव में वह वहाँ से दूर होती है।

(४) काच का refractive index $\frac{3}{2}$ है, यह कहने से हमारा क्या अभिप्राय होता है अच्छी तरह समझाओ। प्रकाश की एक किरण काच के किसी टुकड़े पर उसके धरातल से 60° का कोण बनाती हुई पड़ती है। ड्राइंग के द्वारा angle of refraction निकालो।

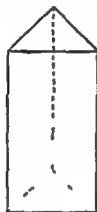
(५) एक प्रकाश की किरण हवा में से चल कर पानी में पहुँचती है और पानी के धरातल से 50° का कोण बनाती है। पानी का refractive index $\frac{4}{3}$ मान कर रेखाचित्र के द्वारा (graphically) refracted ray का रास्ता दिखाओ।

(६) प्रकाश की एक किरण किसी द्रव पदार्थ के धरातल पर उसके लम्ब के साथ 45° का कोण बनाती है। ड्राइंग के द्वारा निकालो कि यह किरण द्रव पदार्थ के भीतर लम्ब के साथ कौन सा कोण बनाती हुई वर्तित होगी यदि उस द्रव पदार्थ का refractive index 1.5 हो।

(७) प्रकाश की एक किरण किसी द्रव पदार्थ में से निकलकर हवा में जाती है और normal के साथ 30° के कोण पर incident होती है। ड्राइंग के द्वारा यह निकालो कि यह किरण द्रव पदार्थ के धरातल के साथ कौन सा कोण बनाती हुई हवा में जा निकलेगी। द्रव पदार्थ का index of refraction 1.7 है।

प्रिज्म के भीतर से वर्तन

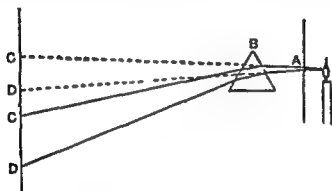
जब हम विज्ञान में प्रिज्म (prism) का उल्लेख करते हैं तो उससे हमारा अभिप्राय कांच के एक ऐसे टुकड़े से होता है जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।



चित्र ४६

स्पेक्ट्रम—दफती के एक टुकड़े में एक पतला सूराख A बनाओ और एक अंधेरे कमरे में किसी जलती हुई मोमबत्ती से इस सूराख पर प्रकाश डालो। सफेद कागज के एक टुकड़े को एक retort stand के सहारे से इस तरह खड़ा रखो कि सूराख A से प्रकाश निकलकर कागज में CD पर पड़े। सूराख और यह परदे के बीच में और सूराख के पास एक prism B को लाओ। तुम देखोगे कि जो प्रकाश का खण्ड CD पर गिरता था वह अब छट कर C'D' पर गिरता है और कुछ पतला और लम्बा भी हो जाता है और इसमें भिन्न भिन्न प्रकार के वर्ण दिखाई देते

हैं। प्रकाश के इन वर्णों के समूह को *Spectrum* कहते हैं। सूरज या मोमवत्ती का सफेद प्रकाश वास्तव में भिन्न भिन्न वर्णों के प्रकाश का समूह है। जब यह सब किसी prism में से होकर निकलते हैं तो वह अपने अपने रास्ते से हट कर भिन्न भिन्न माध्यामों में भुंक जाते हैं या



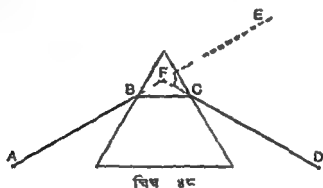
चित्र ४०

वर्तित (*refracted*) हो जाते हैं और इस तरह वह परदे पर अलग अलग दिखाई देते हैं। इन्द्रधनुष (*rainbow*) सूरज के प्रकाश से बनता है जब कि यह दृष्टि के बिन्दुओं में से होकर वर्तित होता है।

प्रयोग ६१—कांच के *prism* के भीतर से होकर निकलते हुए प्रकाश की किसी किरण का रास्ता मालूम करना।

एक कागज के तख्ते पर एक prism को उसके एक सिरे पर पड़ा कर दो। दो पिन A और B पर लगा दो

Prism की विपरीत दिशा से भीतर की ओर देखो और C और D बिन्दुओं पर दो पिन इस तरह लगाओ कि A और B पर की पिनो के साथ यह पिन एक ही सरल रेखा में दिखाई दें। कागज़ पर prism का खाका खींच कर पिनो को निकाल लो और A, B, C, D पिनो के



सूराखों को मिला दो। Prism के भीतर से निकलती हुई किरण का मार्ग रेखा ABCD से प्रकट होता है। तुम देखते हो कि किरण prism के भीतर से होकर जाने में झुक जाती है और जब यह कांच में से बाहर निकल आती है तो यह एक और दूसरे रास्ते से चलती है जो prism के आधार (base) की तरफ झुका हुआ है। Incident ray और emergent ray की दिशाओं के बीच का कोण EFC, *angle of deviation* कहलाता है। जो शक्ति तुमने बनाई है उस से कांच का refractive index निकालो।

उन्नतोदर ताल

काच का एक ऐसा छोटा टुकड़ा जिस के दोनों ओर गोले के आकार के धरातलों से बने हुए होते हैं ताल या *lens* कहलाता है। अध्यापक तुम्हें कुछ *lenses* दिखायेंगे। *Lens* का अक्ष (*axis*) वह सरल रेखा है जो इसके दोनों धरातलों के मध्य बिन्दुओं से होकर जाती है। उन्नतोदर ताल या *convex lens* ऐसे *lens* को कहते हैं जो अपने *axis* पर सब से अधिक मोटा होता है।

प्रयोग ६२—यह दिखाना कि जो समानान्तर किरण उन्नतोदर ताल पर पड़ती हैं वह एक बिन्दु पर मिलती (*converge*) हैं।

सूरज पृथिवी से इतनी अधिक दूरी पर है कि उसकी किरण जब पृथिवी पर पहुँचती है तो उनको हम समानान्तर कह सकते हैं।

एक उन्नतोदर ताल की इस तरह पकड़ो कि सूरज की किरण उस से होकर निकले। दक्षी के एक परदे को तुम ऐसी जगह पर ला सकोगे जहाँ कि उस पर सूरज का एक स्पष्ट प्रतिबिम्ब पड़ सके। जिस बिन्दु पर यह प्रतिबिम्ब पड़ता है उसे *lens* का *principal focus* कहते हैं। जब परदे पर सूरज का स्पष्ट प्रतिबिम्ब पड़े तो अपने साथी को

सहायता से lens और परदे के बीच की दूरी को नाप लो। इस दूरी को lens की *focal length* कहते हैं।

प्रयोग ६३—किसी उन्नतोदर ताल से प्राप्त प्रतिविम्ब का स्थान ड्राइंग के द्वारा निर्णय करना।

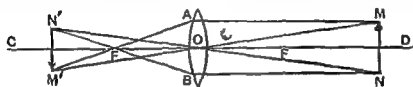
AB lens को प्रकट करने के लिये दो छोटे छोटे वृत्त के चाप खींचो। Lens का अक्ष CD खींचो और मान लो कि F उसका focus है। MN रेखा, किसी वस्तु को प्रकट करने के लिये खींचो।

दशा १—मान लो कि MN, lens से उसकी *focal length* की अपेक्षा अधिक दूरी पर है।

Axis को समानान्तर दिशा में आती हुई कोई किरण lens पर पड़ कर focus F के भीतर से होकर जायगी। इस किरण MAM' को खींचो। इसी तरह किरण NBN' को खींचो।

हम यह मान सकते हैं कि lens के केन्द्र के पास का थोड़ा सा भाग काच का एक पतला आयताकार खण्ड है। तुम जानते हो कि जब प्रकाश की कोई किरण आयताकार काच के एक खण्ड में से होकर निकलती है तो वह जिस दिशा से वास्तव में आई थी उसी दिशा के समानान्तर होकर निकलती है परन्तु एक तरफ कुछ हटो हुई होती है (प्रयोग ६०)। यदि यह काच का खण्ड पतला हो तो

यह किरण इतनी कम हटेगी कि इस हटने को हम बिल्कुल छोड़ दे सकते हैं। इस तरह MO रेखा खींचो जिस से यह प्रकट हो कि यह एक किरण है जो $lens$ के केन्द्र के पास गिरती है, और यह किरण $lens$ से बाहर निकलने पर जिस दिशा में जाती है उसे मालूम करने के



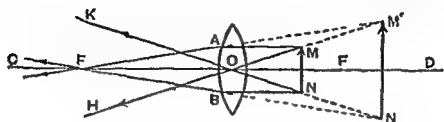
चित्र ४८

लिये MO को आगे की ओर बढ़ा दो। AF रेखा को आगे की ओर बढ़ाने से यह दोनों रेखाएँ बिन्दु M' पर जा कर मिल जाती हैं जो कि M के प्रतिविम्ब का स्थान है। इसी तरह N के प्रतिविम्ब N' का स्थान भी निर्णय कर लो। इस तरह तुम्हें मालूम हो जायगा कि MN का प्रतिविम्ब $M'N'$ है, यह उल्टा और ग्रथार्थ प्रतिविम्ब है।

दशा २—मान लो कि MN , $lens$ से उसकी *focal length* की अपेक्षा और अधिक निकट है।

इस चित्र से तुम्हें मालूम हो जायगा कि इस दशा में प्रतिविम्ब कैसे मिल सकता है। M' का स्थान निकालने के लिये हमें AF और MO किरणों को पीछे की ओर बढ़ाना पड़ता है, इसी तरह N' का स्थान निकालने के

लिये हमें NO और BF किरणों को पीछे की ओर बढ़ाना पड़ता है। इस दशा में प्रतिबिम्ब $M'N'$ कल्पित और



चित्र ५०

बड़ा होगा। खुरदबीन (magnifying glass) के भीतर से देखने पर हमें इसी प्रकार का प्रतिबिम्ब दिखाई पड़ता है।

प्रयोग ६४—किसी उन्नतोदर ताल से प्राप्त प्रतिबिम्ब का स्थान प्रयोग के द्वारा निकालना।

एक slit लो और उसके पीछे मोमबत्ती रखो और एक lens और परदा लो। Slit को परदे से इतनी दूरी पर रखो कि उस पर एक स्पष्ट प्रतिबिम्ब पड़े। Slit को



चित्र ५१

भिन्न भिन्न स्थानों पर रख कर इस प्रयोग को दोहराओ। प्रत्येक दशा में lens से slit की दूरी u को और lens से परदे की दूरी v को नाप लो और फलों को अपने note book में लिख लो। अब u और v के मानों के साथ साथ

$\frac{1}{u} + \frac{1}{v}$ का मान भी प्रत्येक दशा में निकालते रहो। इससे तुम को मालूम होगा कि slit के सब स्थानों के लिये फल बराबर एकही होगा। यदि u बहुत बड़ा हो (अर्थात् यदि slit ताल से इतनी अधिक दूर हो जाय कि वहा से जो किरणें ताल पर पड़ती हैं वह परस्पर समानान्तर हों) तो $\frac{1}{u}$ का मान बहुत कम हो जाता है और शून्य के बराबर समझा जा सकता है। इस दशा में प्रतिबिम्ब principal focus पर बनता है और $v=f$ इसलिये यदि वह वस्तु दूर रहे तो $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ परन्तु चूँकि $\frac{1}{u} + \frac{1}{v}$ का मान slit के सब स्थानों ही के लिये स्थिर है, इसलिये $\frac{1}{f}$ अवश्य इस राशि का मान होगा और सब स्थानों के लिये हम यह निष्कर्ष सकते हैं कि

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

अभ्यास ८

(१) काच के prism में से होकर जो प्रकाश की किरण निकलती है उसके रास्ते को चिह्नित करो जब कि angle of incidence 45° है और prism का कोण 60° है और काच का refractive index $\frac{3}{2}$ है।

(२) किसी prism के एक धरातल पर उसके साथ 45° का कोण बनाती हुई एक किरण पड़ती है। यदि prism

का प्रत्येक कोण 60° हो और उसके काच का index of refraction 1.6 हो, तो ड्राइंग के द्वारा उस कोण का निर्णय करो जो कि बाहर निकलती हुई किरण prism के दूसरे तरफ से निकलते समय उस तरफ के धरातल के साथ बनाती है, angle of deviation को भी निर्णय करो।

(३) यदि 45° शीर्ष कोण (vertical angle) के एक काच के prism (refractive index = 1.5) के धरातलों में से किसी एक पर 45° के कोण में एक किरण आकर पड़ती हो तो इस किरण में यह prism के द्वारा जो deviation पैदा हो जाता है उसे ड्राइंग के द्वारा निकालो।

(४) निम्नलिखित दशाश्रों में एक उन्नतोदर ताल के सामने रखी हुई किसी वस्तु के प्रतिविम्ब की स्थिति और दशा ड्राइंग के द्वारा निर्णय करो।

- १—Focal length, 10 cm , ताल से वस्तु की दूरी, 20 cm
 २— „ „ 15 cm , „ „ 35 cm
 ३— „ „ 20 cm , „ „ 10 cm

(५) निम्नलिखित फलों से एक ताल का focal length हिसाब लगा कर निकालो $u = 15$ cm , $v = 30$ cm

(६) निम्नलिखित दशाश्रों में एक उन्नतोदर ताल से बने हुए प्रतिविम्ब की स्थिति हिसाब लगा कर निकालो :

- १—Focal length 30 cm , ताल से वस्तु की दूरी 40 cm
 २— „ „ 20 cm , „ „ 45 cm
 ३— „ „ 10 cm , „ „ 20 cm

(७) 10 cm ऊँची एक वस्तु 30 cm focal length के एक convex lens के सामने उसके principal axis में 40 cm की दूरी पर रखा गया है। ड्राइंग के द्वारा बताओ कि यह वस्तु और उसके प्रतिविम्ब की ऊँचाइयों में क्या अनुपात होगा और इस तरह सिद्ध करो कि यह अनुपात वही होता है जो कि तान से उनकी दूरियों में होता है।

(८) 20 cm focal length के एक lens के सामने 15 cm की दूरी पर एक वस्तु रखी हुई है। इसका प्रतिविम्ब कहा बनेगा ? अपने उत्तर में कृणात्मक चिह्न के आने का कारण समझाओ।

(९) तुम्हें 30 cm focal length का एक convex lens दिया जाता है। इस से कितनी दूरी पर एक वस्तु रखी जाय कि उसका एक यथार्थ प्रतिविम्ब वस्तु से तिगुना बड़ा पड़े ? रेखा चित्र के द्वारा (graphically) अपने उत्तर को जाँच करो।

(१०) जब एक convex lens किसी लेम्प से 2 ft की दूरी पर रखा जाता है तो उसकी शिखा का एक स्पष्ट प्रतिविम्ब लेम्प से 8 ft की दूरी पर के एक परदे पर पड़ता है। अब हिसाब लगा कर यह बताओ कि lens से कितनी दूरी पर इस से सूरज का एक प्रतिविम्ब बनेगा।

ग्यारहवां अध्याय

चुम्बकत्व

चुम्बक (magnets)—बहुत प्राचीन काल में चुम्बक या magnet का नाम कच्चे लोहे के ऐसे टुकड़ों के लिये प्रयोग किया जाता था जिन में लोहे के टुकड़ों के आकर्षित करने का गुण रहता था। अध्यापक तुम्हें ऐसे कच्चे लोहे का एक टुकड़ा दिखायेंगे और इसकी लोहे के चूर को आकर्षित करने की शक्ति की परीक्षा करेंगे।

इस कच्चे लोहे में एक और विशेष गुण है, तांगे के सहारे नटकाने पर यह आप से आप इस तरह घुम जायगा कि इसका एक सिरा लगभग उत्तर और दूसरा दक्षिण की ओर हो जाता है। इस पदार्थ का यह गुण प्राचीन काल में भी लोगों को मालूम था और इसकी सहायता से मत्स्य अपने जहाजों को जिस दिशा में ले जाना होता था ले जा सकते थे और इसी लिये वह इस पत्थर को lodestone कहते थे। (इसका कारण यह है कि इस शब्द का पहिला भाग एक पुराना अङ्गरेजी शब्द से निकला है जिसका अर्थ भ्रमण का है) ।

प्राकृतिक चुम्बकों की अपेक्षा बहुत अच्छे अच्छे चुम्बक कृत्रिम उपायों से बनाये जा सकते हैं। लोहे या फ़ीलाद के ऐसे टुकड़े जिन में दूसरे लोहे या फ़ीलाद के टुकड़ों को आकर्षित करने का गुण होता है कृत्रिम चुम्बक कहलाते

हैं। कृत्रिम चुम्बक साधारणतः दो प्रकार के होते हैं, एक सीधा जिसे *bar magnet* कहते हैं और दूसरा झुका हुआ जिसे *horse-shoe magnet* कहते हैं। अध्यापक तुम्हें इनमें से प्रत्येक प्रकार के चुम्बक दिखायेंगे।

प्रयोग ६५—चुम्बक की आकर्षण शक्ति की परीक्षा करना।

एक कागज के तख्ते पर कुछ लोहे का बुरादा रख दो और उसमें एक सीध या झुके हुए चुम्बक की इधर उधर ले जाओ। Magnet को हटा लो और चिपके हुए बुरादे के साथ इसका एक चित्र बनाओ। चुम्बक के जिन भागों में आकर्षण शक्ति सब से अधिक होती है उनको चुम्बक के ध्रुव (*poles*) कहते हैं। तुम अपने प्रयोग से यह देखोगी कि यह ध्रुव चुम्बक के सिरों के पास होते हैं, परन्तु हम साधारणतः चुम्बक के सिरों को ही इसके ध्रुव कहते हैं।

लोहे के बुरादे की जगह लकड़ी का बुरादा, ताम्बे का बुरादा, रेत और कागज के छोटे छोटे टुकड़े लेकर इस प्रयोग को दोहराओ। क्या फल निकलता है ?

प्रयोग ६६—यह निर्णय करना कि हवा के अतिरिक्त अन्य पदार्थों में से भी चुम्बकीय आकर्षण हो सकता है या नहीं।

एक ताम्बे के सिक्के पर कुछ लोहे का बुरादा फैला दो।

सिक्के को एक हाथ के अंगुलियों से पकड़ो और दूसरे हाथ से एक bar magnet लेकर उसके सिरे को सिक्के के नीचे इधर उधर ले जाओ। क्या ताम्बे में से आकर्षण होता है? काच, टिन और लोहे के लिये भी इसी प्रश्न का उत्तर दो।

प्रयोग ६७—यह निर्णय करना कि चुम्बक तागे से लटकाये जाने पर क्या करता है।

कागज की रक़ाब और तागे* के द्वारा (जैसा चित्र में दिखाया गया है) एक bar magnet को एक लकड़ी के



चित्र ५२

stand से लटका दो। यह देख लो कि लोहे की और कीई वस्तु (जैसे retort stand आदि) चुम्बक के पास

* नोट—सब से सज्जम तागा बिना कता हुआ रेशम हीगा क्योंकि इसमें बल खाने की शक्ति नहीं होती है। यदि साधारण तागा काम में लाया जाय तो तागे के बल खाकर ताचने से चुम्बक की गति में अन्तर पड़ जाता है, अर्थात् सुगमता में घूमन नहीं पाता। इस लिये यदि तुम साधारण तागा काम में लाओ तो पड़ने उसके सिरे पर एक पीतल का इतना भारी टुकड़ा बांध कर लटका लो जितना कि चुम्बक भारी हो, ताकि उसका बल खाना बिलकुल बन्द हो जाय, और फिर चुम्बक को काम में लाओ।

न हो। चुम्बक को स्थिर होकर एक जगह पर आ जाने दो। देखो कि अन्त में यह एक ऐसी जगह पर आकर स्थिर हो जाता है जहाँ इसका एक सिरा उत्तर और दूसरा दक्षिण की ओर रहता है। चुम्बक को अपनी जगह से दूसरी ओर घुमा दो, देखो कि यह फिर अपनी उसी जगह पर चला जायगा। जो सिरा उत्तर की ओर है उसे इस तरह घुमा दो कि वह दक्षिण की ओर हो जाय और देखो कि वह फिर घूम कर उत्तर की ओर हो जायगा।

सिद्धान्त

इस प्रयोग से हम देखते हैं कि चुम्बक के दो सिरों के भिन्न भिन्न गुण हैं, जब चुम्बक तारों से लटका दिया जाता है तो एक सिरा बराबर उत्तर ही की ओर और दूसरा सिरा दक्षिण की ओर रहता है। पहिले सिर को चुम्बक का उत्तरी ध्रुव (*north pole*) और दूसरे को दक्षिणी ध्रुव (*south pole*) कहते हैं। ऊपर के प्रयोग में काम में लाये हुए चुम्बक के उत्तरी ध्रुव में एक छोटा कागज का टुकड़ा चिपका दो जिस से यह स्मरण रहे कि यह सिरा इसका उत्तरी ध्रुव है।

प्रयोग ६८—चुम्बकीय आकर्षण और विकर्षण।
(*magnetic attraction and repulsion*)

एक दूसरा bar magnet लो और कागज की रकाव पर लटका कर देखो कि उसका कौन सा सिरा उत्तरी ध्रुव है ;

उस तरफ़ निशान लगा दो। जब चुम्बक स्थिर हो जाय तो इसके उत्तरी ध्रुव के निकट (प्रयोग ६७ में काम में लाये हुए) पहिले चुम्बक के उत्तरी ध्रुव को लटकाये हुए चुम्बक के पूर्व या पश्चिम की ओर से धीरे धीरे लाओ। देखो कि लटकाया हुआ चुम्बक आकर्षित होता है या विकर्षित होता है। अब (१) लटकाये हुए चुम्बक के उत्तरी ध्रुव के निकट पहिले चुम्बक के दक्षिणी ध्रुव को लाकर (२) लटकाये हुए चुम्बक के दक्षिणी ध्रुव के निकट पहिले चुम्बक के उत्तरी ध्रुव को लाकर और (३) लटकाये हुए चुम्बक के दक्षिणी ध्रुव के निकट पहिले चुम्बक के दक्षिणी ध्रुव को लाकर इस प्रयोग को दोहराओ। देखो कि इनमें से प्रत्येक दशा में आकर्षण होता है या विकर्षण।

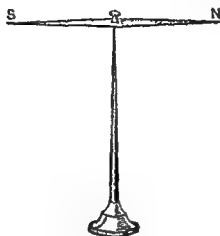
सिद्धान्त

दो एक जातीय ध्रुव एक दूसरे को विकर्षित करते हैं ,
दो भिन्न जातीय ध्रुव एक दूसरे को आकर्षित करते हैं।

चुम्बकीय सूई (The magnetic needle)—चुम्बक को लटकाने के बदले हम उसे एक भारीक नोक के सहारे से भी रख सकते हैं जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।

यह छोटा चुम्बक जिसे चुम्बकीय सूई कहते हैं अपने मध्य भाग में सब से अधिक चौड़ा होता है जहाँ एक छोटी सी ग्याली बनी रहती है जो भीतर की ओर agate से मढ़ी हुई होती है , इसी ग्याली के कारण यह सूई पतली

नोक के stand पर रह सकती है। चुम्बकीय सूई के उत्तरी ध्रुव में निशान लगा रहता है ताकि वह दक्षिणी



चित्र ५३

ध्रुव से तुरन्त पहिचान लिया जा सके। अध्यापक तुम्हें इस तरह रक्खी हुई एक चुम्बकीय सूई दिखायेंगे।

प्रयोग ६६—चुम्बक बनाना।

(१) एक स्पर्श द्वारा (*By single touch*)—घड़ी की कमानी का एक टुकड़ा AB लो। मान लो कि इस कमानी के टुकड़े का हम एक ऐसा चुम्बक बनाना चाहते हैं कि उसका उत्तरी ध्रुव A पर और दक्षिणी ध्रुव B पर हो।

घड़ी की कमानी के टुकड़े को दोनों सिरों पर नरम लाख लगा कर वैद्य में चिपका दो। एक bar magnet के उत्तरी ध्रुव को कमानी के टुकड़े से लगाते हुए A सिरे से B सिरे तक ले जाओ। Bar magnet को उठा कर फिर

A सिरे पर लाश्रो और इसी तरह इसे दस बार फेरो। जो सिरा फेरा जाता है उसका भागें चित्र में एक बिन्दुदार

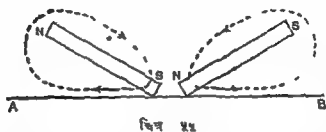


चित्र ५४

रेखा और तीरों के चिह्न द्वारा दिखाया गया है। कमानी को उलट लो और दूसरी तरफ A से B तक bar magnet के उत्तरी ध्रुव को फेरते रहो। अब चुम्बकीय सूई के द्वारा परीक्षा करके देखो कि A और B पर किस प्रकार के ध्रुव बन गये हैं। चुम्बक बनाने की इस रीति को *method of single touch* कहते हैं।

(२) उभय स्पर्श द्वारा (*By double touch*)। फिर मान लो कि हमें घड़ी की कमानी के एक टुकड़े का एक ऐसा चुम्बक बनाना है कि उसका A सिरा उत्तरी ध्रुव और B दक्षिणी ध्रुव हो जाय। नरम लाख से कमानी के टुकड़े के हर एक सिरे को वेश्च से चिपका दो। अपने दोनों हाथों में दो bar magnets इस तरह पकड़ो जैसा कि चित्र में दिखाया गया है ताकि एक चुम्बक का उत्तरी ध्रुव जो कि B सिरे की ओर रहना चाहिये और दूसरे का दक्षिणी ध्रुव जो कि A सिरे की ओर रहना चाहिये,

कमानों के टुकड़े के मध्यभाग के निकट रहे। अब दोनों चुम्बकों को कमानों के साथ ठीक उसी कोण में जैसा कि चित्र में दिखाया गया है झुका कर क्रमशः A और B सिरों



की ओर एक हो साथ खींच लो। विन्दुदार रेखाओं के रास्ते से जैसा चित्र में दिखाया गया है चुम्बकों को उठा कर फिर कमानों के बीच में लाओ जहाँ से पहिली आरम्भ किया था। इस क्रिया को दस बार दोहराओ।

कमानों को उलट कर दूसरी तरफ पर इस क्रिया को दोहराओ। इस कमानों को चुम्बकीय सूई से परीक्षा करके देखो कि A और B पर किस प्रकार के ध्रुव बन गये हैं। चुम्बक बनाने की इस रीति को *method of double touch* कहते हैं।

प्रयोग ७०—चुम्बक की शक्ति का नष्ट करना।

प्रयोग ६८ (१) में जो घड़ी की कमानों के टुकड़े का चुम्बक बनाया था उसकी चुम्बकीय शक्ति की परीक्षा एक चुम्बकीय सूई से करो। चुम्बकमय कमानों को बेंच पर कई बार गिराओ और इधर उधर झुकाओ। फिर चुम्बकीय

सूई से इसकी परीक्षा करो। तुम देखोगे कि इसकी चुम्बकीय शक्ति पहिले से कम हो गई है। इस प्रयोग से तुम को यह मालूम हो गया होगा कि किसी चुम्बक को हाथ से न गिराना चाहिये या और किसी तरह से असावधानता के साथ व्यवहार न करना चाहिये।

प्रयोग ६८ (२) में जो कमानी के टुकड़े का चुम्बक बनाया गया था उसकी चुम्बकीय शक्ति की परीक्षा चुम्बकीय सूई से करो। अब इस कमानी को एक चिमटे से पकड़ लो और आग पर रख कर इतना गरम कर दो कि वह लाल हो जाय। जब कमानी ठंडी हो जाय तो उसे फिर चुम्बकीय सूई से परीक्षा करो, तुम देखोगे कि उसकी चुम्बकीय शक्ति को तुमने नष्ट कर दिया है।

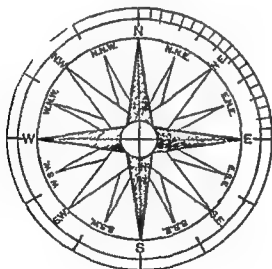
पृथिवी एक चुम्बक के सदृश है।

तुमने प्रयोग ६७ में देखा था कि किसी चुम्बक को तांगी से लटका दिये जाने पर उसका एक सिरा उत्तर की ओर और दूसरा दक्षिण की ओर रहता है। जो सिरा उत्तर की ओर रहता है उसे हमने चुम्बक का उत्तरी ध्रुव और जो सिरा दक्षिण की ओर रहता है उसे दक्षिणी ध्रुव कहा था।

हमने देखा था कि यद्यपि चुम्बक अपनी जगह से हटा भी दिया जाता था तथापि वह घूम जाता था और फिर उसका उत्तरी ध्रुव उत्तर की ओर और दक्षिणी ध्रुव

दक्षिण की ओर हो जाता था। इस से यह स्पष्ट विदित होता है कि पृथिवी का उत्तरी भाग चुम्बक के उत्तरी ध्रुव की ओर दक्षिणी भाग दक्षिणी ध्रुव की आकर्षित करता है। तुमने प्रयोग ६८ में देखा था कि एक जातीय ध्रुव एक दूसरे को विकर्षित और भिन्न जातीय ध्रुव एक दूसरे को आकर्षित करते हैं। इसलिये पृथिवी एक चुम्बक की तरह काम करती है जिसका दक्षिणी ध्रुव उत्तरी भाग में और उत्तरी ध्रुव दक्षिणी भाग में है।

दिग्दर्शन यन्त्र (*compass*) के बनाने में चुम्बक के इस गुण से काम लिया जाता है कि किसी लटकाये हुए



चित्र ५६

चुम्बक के सिरे उत्तर और दक्षिण की ओर रहते हैं। अध्यापक तुम्हें एक compass दिखायेंगे। इसमें एक गोला दफ्तो रहती है जिस के केन्द्र में एक चुम्बकीय सूई प्याली के

सहारे एक नोकीले आश्रय पर रख दी जाती है। गोल दफ्ती रेखाओं के द्वारा कोणों में विभाजित की जाती है और इन रेखाओं के सिरों पर N (north के लिये), N W (north west के लिये) आदि अक्षर छपे हुए होते हैं। चुम्बकीय सूई के उत्तरी ध्रुव में पहिचानने के लिये निशान बना दिया जाता है। दिशाओं के निर्णय करने के लिये यह compass यात्रियों के बहुत काम आता है।

प्रयोग ७१—“Compass की दिशायें” निकालना।

अपनी वेष्ट पर कागज का एक तख्ता पिनों के द्वारा लगा लो और कागज पर एक compass रखो। देख लो कि compass के आस पास कहीं लोहा या फौलाद तो नहीं है, यदि हो तो उसको हटा दो। जब सूई स्थिर हो जाय तो compass को घुमाते रहो जब तक कि दफ्ती पर का वह बिन्दु जिस पर north का चिह्न लगा हुआ है सूई के उत्तरी ध्रुव के ठीक नीचे न आ जाय। कागज पर, जहाँ तक तुम से सम्भव हो सके शुद्धता के साथ सूई के ठीक समानान्तर एक रेखा खींचो। इस रेखा के उत्तरी सिरे पर N और दक्षिणी सिरे पर S लिख दो। ज्योमेट्री के द्वारा E W, N W, N E, S E, और S W, दिशायें निकालो। Compass की दफ्ती में जो दिशायें दिखाई गई हैं उनकी तुलना उन दिशाओं से करो जो तुम्हें अपने झाङ्ग से मिली है।

प्रश्नावली

१—कमरे की कौन कौन सी चीजे तुम्हारी जगह से दक्षिण की ओर हैं ?

२—किसी नक्शे को देख कर Calcutta, Bombay, Madras, Karachi, London, और Sydney की दिशाये, तुम से जहा तक हो सके ठीक ठीक बताओ ।

प्रयोग ७२—एक उत्तर-दक्षिण (N-S) रेखा खींचना ।

एक bar magnet के सिरों पर दो छोटे छोटे त्रिभुजाकार कागज के टुकड़े चिपका दो जैसा कि चित्र में दिखाया गया है । वैद्य पर कागज का एक तख्ता पीतल के पिनों से लगा दो । Magnet को कागज को रक्ताव पर



चित्र ५०

रख कर एक लकड़ी के stand से तांगे के द्वारा लटका दो जैसा कि प्रयोग ६७ में किया था ताकि कागज के दोनों त्रिभुज ऊपर को ओर रहे । Stand को इस तरह रक्खो कि चुम्बक कागज के तख्ते के लगभग १ इंच ऊपर लटकता हुआ घूमता रहे । जब चुम्बक स्थिर हो जाय तो त्रिभुजाकार कागज के टुकड़ों के सिरों के ठीक नीचे कागज के तख्ते पर दो निशान लगा दो । इन दोनों

विन्दुओं को एक रेखा से मिला दो। चुम्बक को उलट दो ताकि कागज के त्रिभुज नीचे की ओर हो जाय और अब इस प्रयोग को दोहराओ। कागज पर खींची हुई दोनों रेखाये सम्भवतः परस्पर नहीं मिलेंगी। इन दोनों रेखाओं से बने हुए कोण को दो बराबर भागों में विभाजित कर दो, यह अर्द्धक रेखा यथार्थ उत्तर-दक्षिण रेखा है।

प्रयोग ७३—खिल के मैदान में एक उत्तर-दक्षिण (N-S) रेखा खींचना।

खिल के मैदान में किसी स्थान पर एक छड़ी गाड़ दो और तुम वही छड़ी के पास खड़े हो जाओ। एक compass अपने हाथ में ठीक सीधा पकड़ो और देख लो कि सूई बिना किसी रुकावट के घूमती रहे। तुम्हारी जगह से ठीक उत्तर की ओर १० गज की दूरी पर कोई पत्थर या घास के गुच्छे के स्थान पर जो मैदान में हो ध्यान रखो। इस निशान की देखते हुए बराबर सीधे वहाँ तक चले जाओ। इसी तरह और आगे बढ़ जाओ यहाँ तक कि तुम अपनी पहिली जगह से ठीक उत्तर की ओर लगभग ५० या ६० गज चले जाओ, वहाँ जाकर एक दूसरी छड़ी गाड़ दो। इन दोनों छड़ियों की जो रेखा मिलती है वह उत्तर-दक्षिण रेखा अर्थात् N-S रेखा है। Compass के इस प्रकार प्रयोग करके मनुष्य कुहिरे में भी अपना रास्ता मालूम करता हुआ बराबर चला जा सकता है।

बारहवां अध्याय*

घर्षण विद्युत्

प्रयोग ७४—फ़लालीन पर एक लाह बत्ती के रगड़ने का फल ।

एक लाह की बत्ती को हाथ में लो और उसके पास कुछ हलकी हलकी चीजें जैसे कागज़ के टुकड़े, काग या लकड़ी का बुरादा लाओ। क्या इन हलके पदार्थों पर कोई प्रभाव पड़ता है ? अब लाह की बत्ती को फ़लालीन के साथ रगड़ो और फिर हलके पदार्थों के टुकड़ों के पास लाओ। हलके पदार्थों पर जो प्रभाव पड़ता है उसे ध्यान से देखो। बत्ती में नये गुणों का प्रादुर्भाव हो गया है। ऐसी दशा में यह कहा जाता है कि बत्ती विद्युन्मय (*electrified* या *charged with electricity*) हो गई है।

प्रयोग ७५—किसी विद्युन्मय डण्डी को विद्युत्हीन (*discharge*) करना ।

विद्युन्मय डण्डी को लम्बाई की ओर से शीघ्रता के साथ एक लौ के ऊपर से ले जाओ या उस पर अपने हाथ को रगड़ो

* नोट—इस अध्याय के प्रयोगों में जो वस्तु काम में लाई जाय वह अत्यन्त सूखी होनी चाहिये। इसलिये यह अच्छा होगा कि प्रयोग करने से कोई आध घण्टा पहिले उनको घुप में रख दिया जाय ताकि विष्कूल सूख जाय।

और फिर हलके पदार्थों पर उसकी क्रिया की परीक्षा करो । देखो कि अब इसके वैद्युतिक गुण सब नष्ट हो गये हैं ।

ऐसी दशा में यह कहा जाता है कि डण्डी विद्युत्हीन (discharged) हो गई है । विद्युत् के निकल जाने (discharge) के समय प्रायः चिनगारिया दिखाई देती है और चट चट (crackling) का शब्द होता है । जब कि वायु में अधिक परिमाण से विद्युत् का विसर्जन (discharge) होता है तो हम उस से उत्पन्न प्रकाश को बिजली (lightning) के रूप में देखते हैं और उस से उत्पन्न शब्द को बादल की गरज (thunder) के रूप में सुनते हैं ।

फ़्लालीन या समूर (जैसे बिस्ती का समूर) पर रगड़े हुए लाह, एबोनाइट (ebonite) या गन्धक की डण्डियों को और रेशम पर रगड़े हुए कांच की एक डण्डो को भी लेकर प्रयोग ७४ और ७५ को दोहराओ ।

प्रयोग ७६—परस्पर आकर्षण ।

(१) मोटे तार की एक रकाब बना कर उसे एक रेशम के तागे से लटका दो जो कता हुआ न हो ।

रकाब में एक पेन्सिल रख दो । एबोनाइट ebonite को डण्डी को फ़्लालीन के साथ रगड़ो और उसे पेन्सिल के एक सिरे के पास एक तरफ़ से इस तरह लाओ कि एक दूसरे से छू न जाय । Ebonite को डण्डी के बदले एक कांच की

डण्डी लो और उसे रेशम के साथ रगड़ कर इस प्रयोग को दोहराओ। देखो कि पेन्सिल आकर्षित होती है।



चित्र ५८

(२) Ebonite की डण्डी को पहिले की तरह रगड़ कर रक्षाब पर रखो। रगड़ी हुई डण्डी के पास पेन्सिल के सिरे को लाओ। क्या डण्डी आकर्षित होती है ? Ebonite की डण्डी के बदले एक कांच की डण्डी लो और उसे रेशम से रगड़ कर इस प्रयोग को दोहराओ।

सिद्धान्त

इन प्रयोगों से तुम देखते हो कि जब एक विद्युन्मय डण्डी (electrified rod) किसी दूसरे पदार्थ को आकर्षित करती है तो वह आकर्षण पारस्परिक (mutual) होती है अर्थात् दोनों पदार्थ एक दूसरे को आकर्षित करते हैं। इन दोनों वस्तुओं के बीच में किसी प्रकार की एक शक्ति है जैसे कि एक चुम्बक और एक लोहे के टुकड़े के बी

होती है, और वैद्युतिक आकर्षण चुम्बकीय आकर्षण को तरह आकाश (space) में से होकर अपना प्रभाव डालता है।-

प्रयोग ७७—दो प्रकार की विद्युत् ।

(१) एक काच की डंडी को उसकी कुल लम्बाई पर रेशम से खूब अच्छी तरह रगड़ो। अब इस डंडी की रकाब पर रख कर एक stand पर से लटका दो। ऐसा करने में काच की डंडी को आवश्यक से अधिक छूना नहीं चाहिये। Ebonite की डंडी को फलालीन से रगड़ो और उसे लटकी हुई काच की डंडी के पास एक तरफ से लाओ। जो आकर्षण होता है उसे ध्यान से देखो।

(२) अब ebonite को विद्युन्मय डंडी को लटका कर और काच की विद्युन्मय डंडी को हाथ में लेकर इस प्रयोग को दोहराओ। इसका फल फिर आकर्षण होता है।

(३) अब काच की दो ऐसी डंडियों को लेकर इस प्रयोग को दोहराओ जो रेशम से रगड़ी हुई हों। इसका फल विकर्षण होता है।

(४) और और डंडियों को लेकर इस प्रयोग को दोहराओ। अपनी note book में नीचे दिये हुए नक़्शे को नकल करो और खाली खानों को भरो, तुम्हें पहिले यह मालूम करना है कि किसी पड़ी पंक्ति के सिरे पर जो पदार्थ का नाम लिखा हुआ है वह किसी खड़ी पंक्ति में सबसे ऊपर लिखे हुए पदार्थ को लटकाये जाने पर

आकर्षित या विकर्षित करता है, और फिर इससे जो कुछ फल निकले उसको उस खाने में लिख दी जहाँ यह पंक्तियाँ एक दूसरे को काटती हैं।

	रेशम से रगड़ा हुआ काच	फ़लालीन से रगड़ा हुआ Ebonite	फ़लालीन से रगड़ा हुआ लाह	फ़लालीन से रगड़ा हुआ गन्धक
रेशम से रगड़ा हुआ काच	विकर्षण	आकर्षण		
फ़लालीन से रगड़ा हुआ Ebonite	आकर्षण			
फ़लालीन से रगड़ा हुआ लाह				
फ़लालीन से रगड़ा हुआ गन्धक				

इन प्रयोगों से तुम देखते हो कि विद्युत् दो प्रकार की होती है। जब काच रेशम से रगड़ा जाता है तो यह कहा जाता है कि काच में धनात्मक या धन विद्युत् (*positive charge*) है, जब ebonite, लाह या गन्धक फ़लालीन से रगड़ी जाती है तो यह कहा जाता है

कि रगड़े हुए पदार्थ में ऋणात्मक या ऋण विद्युत् (*negative charge*) है।

सिद्धान्त

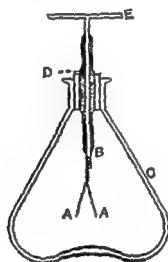
ऊपर के प्रयोगों से जो सिद्धान्त निकलते हैं उन्हें हम इस तरह लिख सकते हैं :—

(१) कोई विद्युन्मय वस्तु, चाहे वह धन विद्युत् से विद्युन्मय हुआ हो या ऋण विद्युत् से, सदा ऐसी वस्तु को आकर्षित करेगी जिस में किसी प्रकार की भी विद्युत् नहीं है (प्रयोग ७४ और ७६ (१))।

(२) जिन वस्तुओं में एक जातीय (*like*) विद्युत् होती है वह एक दूसरे को विकर्षित करती है और जिन वस्तुओं में भिन्न जातीय (*unlike*) विद्युत् होती है वह एक दूसरे को आकर्षित करती है (प्रयोग ७७)।

ऊपर के प्रयोगों में जो पदार्थ काम में लाये गये हैं और जिन पर वह रगड़े गये हैं वह इस लिये चुने गये थे कि उनसे फल बहुत स्पष्ट मान्य होते हैं। परन्तु प्रायः बहुत से पदार्थ घर्षण के द्वारा विद्युन्मय किये जा सकते हैं, किसी पदार्थ में विद्युत् का धनात्मक होना या ऋणात्मक होना उस पदार्थ की प्रकृति पर और उसे रगड़नेवाली वस्तु की प्रकृति पर निर्भर होता है।

विद्युद्दर्शक (Electroscope) एक यन्त्र है जिस के द्वारा हम सुगमता से यह भालूम कर सकते हैं कि कोई वस्तु विद्युन्मय है या नहीं और यह भी बता सकते हैं कि उसकी विद्युत् की मात्रा में क्या परिवर्तन हुआ है। इस चित्र में इस यन्त्र का एक उपयोगी रूप का section दिखाया गया है। धातु के एक मोटे तार B के सिरे से सीने के बर्क की



चित्र १८

दो पतली पट्टियाँ A लटकाई हुई हैं। पट्टियों को हवा से बचाने के लिये काच की एक बोतल C के भीतर रख दिया गया है। पाराफ़ीन मोम या ebonite की बनी हुई एक डाट D के भीतर से होकर तार जाता है और उसकी ऊपर के सिरे पर एक धातु का गोल टुकड़ा E लगा हुआ रहता है जिसे विद्युद्दर्शक की टोपी (cap) कहते हैं।

प्रयोग ७८—विद्युद्दर्शक को *conduction* के द्वारा विद्युन्मय करना ।

एक ebonite की छड़ी को फ़्लासोन से रगड़ो और उसे electroscope की टोपी के निकट लाओ। पट्टियाँ अलग अलग (diverge) हो जायगी। यदि वह बहुत फैल जाय तो कुछ देर तक ठहर जाओ जब तक कि वह एक दूसरे से ८०° का कोण तक न गिर जाय। तब electroscope के cap पर छड़ी को धीरे धीरे रगड़ कर हटा लो। पट्टियाँ अलग अलग ही रहती हैं, उन्हें छड़ी से ऋण विद्युत् मिल गई है और चूंकि इन दोनों की एकही प्रकार की विद्युत् मिली है इस लिये यह एक दूसरे को विकर्षित करती हैं। टोपी को अपनी उगली से क्षण भर के लिये छूकर electroscope को discharge कर दो।

इसी तरह cap को रेशम से रगड़ो हुई एक काच की छड़ी से छूकर electroscope को धन विद्युत् से विद्युन्मय करो।

सिद्धान्त

धन विद्युत् और ऋण विद्युत् दोनों एक वस्तु से दूसरी वस्तु में जा सकती हैं।

प्रयोग ७६—किसी डण्डी में किस प्रकार की विद्युत् है *electroscope* के द्वारा मालूम करना ।

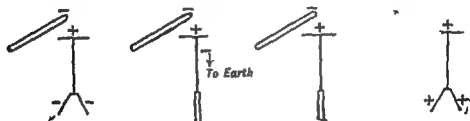
Electroscope को छूकर ऋण विद्युत् से charge कर दो । इसकी टोपी के पास (१) धन विद्युन्मय एक डण्डी, (२) ऋण विद्युन्मय एक डण्डी लाओ । *Electroscope* की पट्टियों पर हर एक दशा में क्या प्रभाव पड़ता है देखो । पहिली दशा में यह एक दूसरे से मिल जाती है और दूसरी में वह एक दूसरे से और अलग हो जाती है । इस तरह यदि हमें यह मालूम हो कि *electroscope* में किस प्रकार की विद्युत् है तो हम *electroscope* के पास किसी विद्युन्मय डण्डी को लाकर यह बता सकते हैं कि उस डण्डी में किस प्रकार की विद्युत् है ।

प्रयोग ८०—विद्युद्दर्शक को *induction* के द्वारा विद्युन्मय करना ।

एक ebonite की डण्डी को फ़ालालीन से रगड़ो और रगड़ी हुई डण्डी को धीरे धीरे ऊपर की ओर से *electroscope* की टोपी के पास लाओ जब तक कि पट्टियाँ फैल कर एक दूसरे के साथ ६०° का कोण न बना लें । टोपी के पास डण्डी को हाथ में लिये रहो और उसी हालत में टोपी को घण भर के लिये अपनी उगली से छू लो । पहिले अपनी उगली को हटा लो और फिर डण्डी को

हटा लो। पट्टिया फैली हुई रहेंगी जिस से यह मालूम होता है कि वह विद्युन्मय है।

जब किसी एक विद्युन्मय पदार्थ किसी दूसरे पदार्थ को बिना छूकर भी विद्युन्मय करता है तो यह कहा जाता है कि विद्युत् ग्रहण करनेवाला पदार्थ *induction* के द्वारा *charged* हो गया है और उसमें जो विद्युत् का प्रादुर्भाव हुआ है वह *induced charge* कहलाती है। इस प्रयोग में पट्टियां पर की विद्युत् *induced charge* है।



चित्र ६०

Electroscope में यह *induced charge* किस तरह आ गई है ? इस प्रश्न का उत्तर नीचे दिया जाता है, जब कि उड़ी electroscope के पास लाई गई थी तो उस पर की ऋण विद्युत् electroscope की टोपी पर की धन विद्युत् को आकर्षित की थी और ऋण विद्युत् को विकर्षित की थी। यह ऋण विद्युत् जितनी दूर इस से हो सका उतनी दूर तक चली गई अर्थात् पट्टियों तक पहुँच गई जो इस लिये फैल गई थी, परन्तु जब तुम ने टोपी पर अपनी उँगली रखी थी तो यह ऋण विद्युत् तुम्हारे शरीर

के भीतर से होकर और दूर अर्थात् पृथिवी में जा सकती थी और इस लिये पट्टिया मिल गई थी। इस तरह टोपी को तुम्हारी उगली से छूने के पीछे electroscope में केवल धन विद्युत् रह गई थी। जब तक तुम ने डंडी को टोपी के पास पकड़ रखा था तब तक यह धन विद्युत् डंडी पर की ऋण विद्युत् से आकर्षित होकर रुकी हुई थी और इस लिये पट्टिया फैली न थी। जब तुम ने डंडी को हटा लिया तो electroscope पर की धन विद्युत् सब जगह अर्थात् टोपी, डंडी और पट्टियों पर फैल गई और इस लिये पट्टिया फिर फैल गई थी।

प्रयोग ८१—सञ्चलन शक्ति (conducting properties) की परीक्षा करना।

(१) Electroscope को charge करो और उसे हाथ में पकड़े हुए एक धातु से क्षण भर के लिये छू दो। देखो सीने की पट्टिया एक दूसरे से बिभक्त मिल जाती हैं, विद्युत् धातु में से होकर बाहर निकल गई है। धातु और ऐसे पदार्थ जिन में से होकर विद्युत् गुजर जाती है उत्तम सञ्चालक (good conductors) कहलाते हैं।

(२) फलालोन लेकर इस प्रयोग को दोहराओ। इस दशा में कुछ भी परिवर्तन नहीं होता है और यदि होता भी है तो बहुत ही थोड़ा। फलालोन को electroscope की टोपी के साथ लगाकर कुछ देर तक रख दो। देखो कि

पत्तियाँ एक दूसरे से मिल जाती हैं, इस से मालूम हुआ कि विद्युत् धीरे धीरे निकल गई है। फ़ालालीन और ऐसे पदार्थ जिनमें से विद्युत् सुगमता से नहीं गुजर सकती अधम सञ्चालक (*poor conductors*) कहलाते हैं।

(३) Ebonite लेकर इसी प्रयोग को दोहराओ। इसे टोपी के साथ लगाकर चाहे थोड़ी या अधिक देर तक रक्खो, तथापि पट्टियों में कुछ भी परिवर्तन नहीं होता है। इस से मालूम होता है कि विद्युत् इसमें से होकर नहीं निकली। Ebonite और इसी प्रकार के अन्य पदार्थ अवरोधक (*non conductors* या *insulators*) कहलाते हैं।

निम्नलिखित पदार्थों की परीक्षा करो काच, गन्धक, लाह और लकड़ों की डण्डियाँ, सूती वस्तु, रेशमी वस्तु और कागज और सूखे कोयले, छोट, रबड़ और पत्थर के टुकड़े। जिन वस्तुओं की तुमने परीक्षा की है उन्हें उत्तम चालक, अधम चालक और अवरोधक में विभक्त करके एक नामावली बनाओ।

प्रश्न

Electroscope की बोतल के ढकाने की परीक्षा करो। यह ढकाना किस पदार्थ का बना हुआ है? उसके बनाने में इस पदार्थ का प्रयोग क्यों किया जाता है?

तेरहवां अध्याय

चल विद्युत्

प्रयोग ८२—यह देखना कि किन किन दशाओं में जस्ते पर गन्धकाम्ल की क्रिया हो सकती है ।

तुम्हें कुछ dilute sulphuric acid (१ भाग acid और लगभग १० भाग पानी) दिया जाता है ।

(१) इसमें से थोड़ा सा acid एक छोटे beaker में उठेलो । इस acid में एक मामूली जस्ते का टुकड़ा डाल दो जो बाजार में मिलता है । देखो कि gas के बुलबुले उठते हैं । तुम जानते हो कि यह गैस hydrogen है (देखो प्रयोग २६) ।

(२) शुद्ध जस्ता लेकर इस प्रयोग को दोहराओ । क्या कोई gas के बुलबुले उठते हैं ?

(३) Amalgamated zinc* लेकर इस प्रयोग को दोहराओ । Gas के बुलबुले उठते हैं ?

* नोट—Amalgamated zinc बनाने के लिये बाजारी जस्ते के चादर का एक टुकड़ा dilute sulphuric acid में डाल दो, कुछ देर तक इस पर क्रिया हो जाने के पीछे इसे निकाल लो, फिर इस पर थोड़ा सा पाग छोड़ दो और एक कपड़े के टुकड़े से जस्ते पर इस पारे को रगड़ें जाओ जब तक कि इस पर चांदी की तरह चमक न आ जाय । जस्ता पारे में घुल जाता है परन्तु

(४) शुद्ध या amalgamated जस्ते के चादर का एक टुकड़ा और तांबे के चादर का एक टुकड़ा dilute sulphuric acid में डाल दो और देखो कि यह एक दूसरे से छून



चित्र ६१

जाय। क्या इन दोनों में से किसी धातु से कोई gas निकलती है ? अब तांबे को acid के बाहर जस्ते से लगाकर रक्खो जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। देखो तांबे के पत्तर से gas निकल रही है।

Acid की क्रिया तांबे पर हो रही है या जस्ते पर ? इस प्रश्न के उत्तर देने के लिये नीचे लिखे हुए प्रयोग को करो

(५) तांबे और जस्ते के टुकड़ों को acid में से बाहर निकाल लो। इनको धोकर साफ करो और सुखा कर तोल लो। इनको फिर acid में डाल दो और acid के

ऊनके मेल आदि नहीं घुलते हैं वरन् पारे से केवल ढके हुए रहते हैं। इसलिये जब amalgamated जस्ता acid में डाला जाता है तो acid की क्रिया पारे में पड़े हुए जस्ते पर होती है परन्तु उसकी मेल आदि पर, पारे से ढके हुए रहने के कारण acid की क्रिया कुछ भी नहीं होती है। इसलिये amalgamated जस्ता acid में ठीक शुद्ध जस्ते की तरह काम करता है।

बाहर एक दूसरे से लगाकर रखो। अब जो क्रिया आरम्भ होती है उसे लगातार १५ मिनट तक चलने दो। तावे और जस्ते के टुकड़ों को निकाल कर धो डालो और सुखा कर तोल लो। देखो कि जस्ते की मात्रा पहिले से कम हो गई है परन्तु तावे की मात्रा में कोई अन्तर नहीं हुआ है।

इन प्रयोगों से निकले हुए सिद्धान्त

१—Dilute sulphuric acid की रासायनिक क्रिया बाजारी जस्ते पर होती है परन्तु शुद्ध जस्ता, amalgamated जस्ता या तावे पर नहीं होती है।

२—जब शुद्ध जस्ता और तावा या amalgamated जस्ता और तावा sulphuric acid में डाल दिये जाते हैं और उसके बाहर एक दूसरे से मिले हुए रहते हैं तो जस्ते पर acid की क्रिया होती रहती है।

Acid की क्रिया साधारण जस्ते पर होने का और शुद्ध जस्ते पर न होने का कारण यह है कि साधारण जस्ते में मिले हुए पदार्थों से रासायनिक क्रिया ठीक उसी तरह आरम्भ हो जाती है जैसे यह, तावे को जस्ते के साथ लगा देने से आरम्भ हो जाती है जब कि दोनों acid में रखे हुए होते हैं।

एक दशा में तावा और दूसरी में जस्ते के साथ मिले हुए पदार्थों ने जस्ते पर acid की क्रिया होने में किस

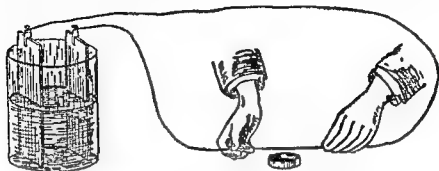
प्रकार से सहायता दी है ? हम इस प्रश्न का उत्तर अच्छी तरह नहीं दे सकते हैं परन्तु हम यह दिखा सकते हैं कि यहा और भी कुछ हो रहा है जो कि निस्सन्देह इस क्रिया के साथ बहुत कुछ सम्बन्ध रखता है ।

प्रयोग ८३—यह दिखाना कि जब तांबा और जस्ता दोनों *acid* में रक्खे हुए हों तो तांबे को जस्ते से एक तांबे के तार के द्वारा मिला देने से क्या क्या बातें होती हैं ।

एक बरतन में कुछ *dilute sulphuric acid* लो और उसमें एक तांबे और एक जस्ते का पत्तर इस तरह डाल दो कि वह एक दूसरे के निकट रहें परन्तु एक दूसरे से छू न जाय । देखो कि किसी प्रकार की क्रिया नहीं होती है । लगभग २ गज लम्बे एक तांबे के तार के दोनों सिरों को *connecting screws* के द्वारा दोनों पत्तरो से बाध दो । देखो कि अब तांबे के पत्तर से *gas* के बुलबुले निकलते हैं ।

इस क्रिया के साथ कुछ और भी क्रिया हो रही है जिसे तुम इस तरह ज्ञात कर सकते हो । अपनी वेष्ट पर एक *compass* का *needle* रक्खो । इसे स्थिर होकर उत्तर-दक्षिण दिशा में आ जानि दो । तांबे के पत्तर को निकाल लो और उसमें चिपके हुए *gas* के बुलबुलों को छोडा कर फिर *acid* में डाल दो । अपने दोनों हाथों के

बीच में तार का 6" लम्बा एक टुकड़ा लेकर compass needle के ठीक ऊपर उसकी समानान्तर दिशा में पकड़ो। देखो कि needle घूम जाती है। तार का एक सिरा खोल



चित्र ८९

नो और उसका एक हिस्सा needle के ऊपर से पकड़ो। क्या अब इससे needle पर कोई प्रभाव पड़ता है ?

इससे यह स्पष्ट विदित होता है कि जब sulphuric acid में डाले हुए तांबे और जस्ते के पत्तर किसी तांबे के तार से मिला दिये जाते हैं तो उसकी दशा ठीक साधारण तार की तरह नहीं रहती है। ऐसी दशा में हम यह कहते हैं कि इस तार से विद्युत् प्रवाह (electric current) चल रहा है।

विद्युत् प्रवाह उत्पन्न करने के इस यन्त्र (अर्थात् एक बरतन में dilute sulphuric acid के भीतर डूबे हुए तांबे और जस्ते के पत्तर) को *simple voltaic cell* कहते हैं, ऐसा नाम पड़ने का कारण यह है कि सब से पहिले इस प्रकार से विद्युत् उत्पन्न करनेवाले का नाम Volta था।

प्रयोग ८४—यह दिखाना कि विद्युत् प्रवाह सदा एक नियत दिशा में बहता है ।

एक simple voltaic cell तैयार करो जैसा कि पिछले प्रयोग में किया था । हमने कहा है कि तार में से होकर एक विद्युत् प्रवाह चल रहा है । यह मान लिया जाता है कि विद्युत् प्रवाह एक पत्तर से दूसरे पत्तर की ओर चलता है । यदि ऐसा ही हो तो यह बहुत सम्भव जान पड़ता है कि यह प्रवाह compass needle के उत्तरी ध्रुव की ओर से दक्षिणी ध्रुव की ओर चलने से इसका जो प्रभाव needle पर पड़ता है वह उस प्रभाव से बिल्कुल भिन्न होना चाहिये जो कि उस पर उसके दक्षिणी ध्रुव की ओर से उत्तरी ध्रुव की ओर प्रवाह के चलने से पड़ता है । वास्तव में ऐसा कोई अन्तर होता है या नहीं, देखने के लिये कल्पना करो कि प्रवाह तार में तांबे के पत्तर से जस्ते के पत्तर की ओर चलता है । तार को इस तरह पकड़ो कि :

- (१) प्रवाह N से S की ओर सूई के ऊपर से चलता रहे ।
- (२) „ N से S „ „ नीचे „ „ ।
- (३) „ S से N „ „ ऊपर „ „ ।
- (४) „ S से N „ „ नीचे „ „ ।

प्रत्येक दशा में सूई के उत्तरी ध्रुव के घूम जाने की दिशा को (अर्थात् E या W की दिशा को) नोट करो ।

प्रयोग ८५—विद्युत् प्रवाह की चुम्बकीय प्रभाव को बढ़ाना ।

तुम ने पिछले प्रयोग में देखा है कि जब तार इस तरह पकड़ा गया था कि उसमें प्रवाह N से S की ओर सूई के ऊपर से चल रहा था तो सूई के घूमने की दिशा ठीक वैसी ही थी जैसी कि यह प्रवाह के S से N की ओर सूई के नीचे से चलने पर थी। इसलिये यदि हम एक तार को



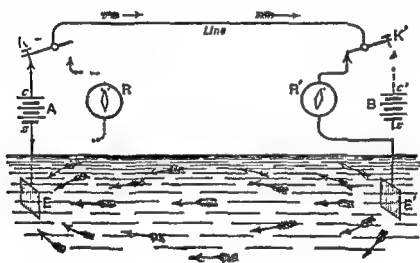
चित्र ६३

इस तरह रखें कि एक विद्युत् प्रवाह सूई के ऊपर से और नीचे से एकही साथ विपरीत दिशाओं में बहे तो इस दशा में इसका सूई पर प्रभाव उस दशा की अपेक्षा अधिक पड़ेगा जिस में कि प्रवाह सूई के केवल ऊपर या केवल नीचे से होकर चले। Voltaic cell से निकले हुए तार को इस तरह झुकाओ जैसा कि चित्र में दिखाया गया है और इस loop के बीच में एक छोटी सी compass needle रख कर इस बात की परीक्षा करो। फिर loop को दोहरा करके देखो कि सूई कितना घूम जाती है। तुम देखोगे कि अब यह पहिले की अपेक्षा अधिक घूम जाती है।

जिस में एक चुम्बकमय सूई तार के एक ऐसे लच्छे के बीच में होती है जिस में से होकर विद्युत् प्रवाह चल सकता है, *galvanometer* कहलाता है।

वैद्युतिक “तार”

“तार” (telegraph) के यन्त्र में *galvanometer* के सिद्धान्त से काम लिया जाता है। Telegraph का उद्देश्य यह है कि दूर दूर के मनुष्य एक दूसरे से बात चीत कर सकें। जिस प्रकार के यन्त्र से यह सम्भव हो सकता है



चित्र ६४

वह इस चित्र में दिखाया गया है। मान लो कि हमें A स्थान से B स्थान को कोई खबर भेजना है। प्रत्येक स्थान पर एक *galvanometer* R और कई cells \mathcal{E} रहते हैं (जो कि ऊपर के प्रयोगों के simple cells की अपेक्षा

अधिक शक्तिसम्पन्न होते हैं और अधिक स्थिर प्रवाह देते हैं) और एक कुंजी या "key" K होती है। साधारण रीति से (जैसा कि चित्र में B स्थान पर दिखाया गया है) key को एक कमानी के द्वारा galvanometer के तार से लगा कर रखते हैं और cells से अलग कर देते हैं। A से B की खबर भेजने के लिये हम A पर की key को दबा देते हैं और इस तरह हम A पर की battery को दोनों स्थानों के मिलानेवाले तार या 'line' से मिला देते हैं और key को A पर के galvanometer से अलग कर देते हैं। A पर के cells में से एक प्रवाह 'line' में से होकर R' galvanometer तक जाता है और फिर वहाँ से E' एक धातु के पत्तर तक पहुँच जाता है जो कि पृथिवी के भीतर रहता है। यह प्रवाह पृथिवी में से होकर जैसा कि चित्र में तोरी के द्वारा दिखाया गया है, एक दूसरे पत्तर E तक जो पृथिवी के भीतर है लौट आता है और अन्त में वहाँ से फिर A पर के cells में आ जाता है।

किसी एक विशेष यन्त्र के द्वारा जो कि इस चित्र में नहीं दिखाया गया है, हम विद्युत् प्रवाह को दाहिनी और बाई दोनों ओर से R' पर की सूई के चारों तरफ भेज सकते हैं। इस तरह A पर का काम करनेवाला अपनी इच्छा के अनुसार R' पर की सूई को दाहिनी या बाई ओर जिस तरफ चाहे घुमा सकता है। वर्णमाला के अक्षर सूई की दाहिनी और बाई ओर की गतियों को विशेष विशेष प्रकार

मे मिला कर प्रकट किये जाते हैं। इन्ही संकेतों की प्रणाली (system of signals) या 'code' के द्वारा खबरें भेजी जा सकती हैं।

प्रश्न

जब कोई खबर B स्थान से A स्थान की भेजी जाय तो तार किस तरह लगाया जायगा और keys की जगह कहा कहा होगी एक चित्र खींच कर दिखाओ।

अभ्यासों की उत्तरमाला

अभ्यास १

1—1673 cal 2—15 gm 3—27,000 cal 4—400 gm 5—50°C
6—60°C 7—160 gm. 8—50 gm. 9—76.3°C

अभ्यास २

1—3950 cal. 2—99. 3—912 cal 4—0.31 5—1795 cal.
6—23,418 cal 7—931 cal. 8—23 gm 9—0.093 10—07

अभ्यास ३

1—3.4 gm 2—73 3—0.33 4—0.94 5—0.94 6—0.33
7—5 8°C 10—33.5°C 11—97.3°C 12—45.6°C 13—40°C
14—218 15—143.5 gm

अभ्यास ४

1—480,000 cal. 2—136.4 gm 3—1250 gm 4—8 kilograms
5—1 kilogram 6—17.5°C 7—142.5 gm 8—1 9—80 cal
10—79 cal

अभ्यास ५

1—30,300 cal. 2—35,800 cal 3—36,395 cal 4—221.8 gm
5—539.4 cal. 6—318 gm 7—213.1 gm 8—535 cal 9—61°C
10—5.9 cal.

अभ्यास ६

4—(i) 4 ft away from the object, (ii) 4 ft towards the object
5—(a) 56 cm. in front of the mirror, 1.43 cm high, real, inverted
and diminished; (b) 6.32 cm in front of the mirror, 53 cm high,
real, inverted, and diminished 6—(a) 100 cm, (b) 20 cm,
(c) 70 cm. 7—45 cm away from the mirror 9—24 cm in front
of the mirror 10—22 cm

